

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий

Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера

Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль Машины и аппараты химических производств

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект сепаратора подготовки нефти

УДК 665.622.023.001.63

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4К41	Пономарев Денис Игоревич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Тихонов Н. В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М. В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Штейнле А. В.	К.М.Н.		

По разделу «Механический расчет оборудования»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель НОЦ Н.М. Кижнера	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Краснокутская Е.А.	д.х.н., проф.		

Томск – 2018 г.

Запланированные результаты обучения по ООП в 2018 г.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
P2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов и оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,15 ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ПК-4,5,8,11, ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
P4	Проектировать и использовать новое энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-8,11,23,24), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-1,4,5,19-22, ОК-7,10), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
P6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность и надежность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,12,13,14,17, ОК-3,4,8), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
P7	Применять знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 9, 10, 11, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Использовать современные компьютерные методы вычисления, основанные на применении современных эффективных программных продуктов при расчете свойств материалов, процессов, аппаратов и систем, характерных для профессиональной области деятельности; находить необходимую литературу, использовать компьютерные базы данных и другие источники информации	Требования ФГОС (ПК-4, 5, 9, 10, 11, 14)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
Р9	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
Р10	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (2.6)
Р11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-11) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)
Р12	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4,5,12) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Отделение школы (НОЦ) Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4к41	Пономареву Денису Игоревичу

Тема работы:

Проект сепаратора подготовки нефти	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<u>Концевой сепаратор.</u> Производительность по нефти: 1.8 т/ч Газовый фактор: 80 м ³ /с Обводненность: 22% Температура среды: 25°С Давление в аппарате: 1 МПа Материал: 09Г2С Режим работы: непрерывный Требования к эксплуатации и обслуживанию: простота ремонта и обслуживание
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Введение. Обзор литературы. Описание технологической схемы. Технологический расчет. Конструктивный расчет. Механический расчет. Гидравлический расчет Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Социальная ответственность. Заключение.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Лист 1. Технологическая схема. Лист 2. Общий вид сепаратора. Лист 3. Выносные элементы сепаратора
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Штейнле А. В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская М. В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов Виктор Владимирович	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4к41	Пономарев Денис Игоревич		

Реферат

Выпускная квалифицированная работа состоит из 73 страниц, 7 рисунков, 28 источников информации, 4 графического материала.

Ключевые слова: Концевой сепаратор, нефть, газ, прочность.

Цель работы: Рассчитать и подобрать концевой сепаратор для подготовки нефти и газа.

Проведен технологический и механический расчет.

Проведен расчет толщины стенки аппарата и эллиптических крышек, укреплений отверстий, фланцевых соединений и опор.

Были рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельность персонала.

Были рассчитаны экономические показатели проекта.

Данный проект и расчеты выполнены соответственно в «Microsoft Word» , «Mathcad» и «Autodesk Autocad».

Abstract

The final qualified work consists of 73 pages, 7 drawings, 28 sources of information, 4 graphic materials.

Keywords: Final separator, oil, gas, strength.

Objective: Calculate and select final separator for oil/gas treatment.

Mechanical and technological calculations are carried out.

The calculations of the wall thickness of the apparatus and elliptical covers, strengthening of the holes, flange connections, supports are carried out.

The issues of live and activities safety of personnel.

The economic indicators of this project are calculated.

The given project and calculations are executed accordingly in «Microsoft Word» and «Mathcad» and «Autodesk Autocad» .

Оглавление

Введение	10
1. Обзор литературы	11
2. Описание технологической схемы	13
3. Расчет сепаратора	14
3.1. Технологический расчет	14
3.1.1 Материальный баланс	15
3.1.2 Аппаратурный расчет	15
3.2 Конструктивный расчет	17
3.3 Механический расчет	18
3.3.1 Определение расчетных параметров	19
3.3.2 Расчет толщины стенки обечайки (поз. 2) под действием внутреннего давления	20
3.3.3. Расчет толщины стенки эллиптической крышки аппарата (поз. 1)	22
3.3.4 Подбор штуцеров и укрепление отверстий	23
3.4 Расчет фланцевого соединения	28
3.5 Подбор стандартных опор	37
3.6 Расчет строповых устройств	45
Заключение	47
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	50
4.1 Анализ конкурентных технических решений.	50
4.2 SWOT-анализ	51
4.3 Планирование работ	52
4.3.1 Структура работ	52
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	53
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	54
4.4 Бюджет научно исследовательского исследования.	57
4.4.1 Расчет материальных затрат	57
4.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы	58
4.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	60
4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды	60
4.4.5 Накладные расходы	60
4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	61
4.5. Определение ресурсной эффективности исследования	61
Выводы по главе	62
5. Социальная ответственность при выполнении работ	66
5.1 Производственная безопасность	66
5.1.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мер по их устранению	66
5.1.3. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранен	68
5.2 Экологическая безопасность	69
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	69

5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	70
Заключение	71
Список использованных источников	72

Введение

Нефть – наиболее ценное природное ископаемое, которое состоит в основном из множества сложных углеводородов. Нефть, как и разнообразие продуктов ее переработки, используется в наше время.

Для использования нефти необходимо сначала ее подготовить. К процессам подготовки нефти относятся:

- Обессоливание и обезвоживание;
- Стабилизация

Процессы для обессоливания и обезвоживания: отстой нефти при высокой температуре, подогрев потока эмульсии в печах, химическая обработка при помощи деэмульгатора и гравитационный отстой нефти.

Процессы для стабилизации: горячая или вакуумная сепарация, ректификация и тд. В настоящее время наибольшее распространение получила сепарация.

Процесс стабилизации нефти представляет собой отбор из нефти наиболее летучих углеводородов, таких как бутана, пропана, а также и некоторых газов, таких как углекислый газ, сероводород и азот, что снижает коррозию аппаратов и потери легких фракций от испарения [1].

1. Обзор литературы

Сепарация – отделение легких фракций из нефти однократным или многократным испарением при понижении давления. Иногда для наиболее полного и быстрого извлечения необходимо предварительно нагреть нефть. Нефть нагревается путем пропускания ее через печи.

Наибольшее распространение среди аппаратов в объектах сбора, подготовки нефти и газа получили сепараторы. Эти аппараты применяются для отделения жидкости от газа, газа от жидкости, а так же для разделения нескольких жидких фаз, различных плотностями.

По характеру действующих сил сепараторы разделяются на :

- Гравитационные, разделение происходит из-за разной плотности жидкостей, газов или твердых частиц газа.
- Насадочные сепараторы, разделение происходит за счет инерции и силы тяжести.
- Центробежные, разделение происходит за счет центробежных и инерционных сил.

По форме и положению в пространстве сепараторы разделяются на: сферические, цилиндрические вертикальные , цилиндрические горизонтальные.

Существует большое количество сепараторов разных конструкций, но все они, как правило, состоят из следующих секций.

Основная сепарационная секция.

Предназначена для отделения основной части жидкости (газового конденсата, нефти, воды) от входящего в аппарат газожидкостного потока. Для обеспечения эффективной предварительной сепарации и равномерного распределения потока по всему аппарату применяют следующие конструктивные устройства:

- Тангенциальный ввод потока, при таком вводе жидкость отбрасывается к стенкам сосуда под действием центробежной силы и стекает по ней, в то время как газ, распределяется по сечению аппарата и выводится ;
- Отражательные устройства, устанавливаются в месте входа смеси в сепаратор ;
- Встроенный циклон, устанавливается в месте входа смеси в горизонтальном сепараторе;
- Конструкции, которые позволяют осуществить отдельный ввод газа и жидкости в сепаратор

					ФЮРА.751774.000.РПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Студент.					Обзор литературы	Лит.	Лист	Листов
Руковод.							11	
Конс.								
Н. Контр.								
Руков.ООП.								

Осадительная секция.

В сепараторах в данной секции происходит дополнительное выделение пузырьков газа из нефти. Жидкость отделяется под действием гравитационных сил, а газ движется в сосуде с относительно низкой плотностью. Для интенсификации процесса выделения растворенного и свободного газа из нефти в сепараторах применяют расположенные наклонно плоскости. Поток нефти при этом сливается в нижнюю часть сепаратора.

Секция сбора жидкости.

Предназначена для сбора жидкости, из которой почти полностью в предыдущих секциях выделился газ при температуре и давлении в сепараторе. Для сепараторов, в которых разделяются газ и легкие углеводороды, содержащиеся в жидкой фазе, объем данной секции выбирают так, чтобы он позволил удерживать отсепарированную жидкость в течение времени, необходимого для выхода пузырька газа на поверхность и вторичного попадания в газовый поток.

Секция каплеулавливания.

Обычно секция состоит из отбойных устройств различного вида (пакетов из плетеной проволоочной сетки, керамических колец) и необходима для улавливания капель жидкости в газе при выходе из сепаратора.

Кроме функций, которые выполняют вышеописанные секции, в конструкциях сепараторов должны предусматриваться элементы пеногашения, или же элементы, предотвращающие пенообразование, а так же снижающие пагубное влияние пульсации газожидкостного потока на сепарацию нефти и газа.

Концевая сепарация

Главной задачей концевых сепараторов, в отличие от сепараторов первой ступени, является выделение из нефти остаточного газа и доведение давления пара до определенной величины. Газ, который выделяется из концевых ступеней сепарации, имеет высокую плотность и без дополнительной подготовки его нельзя использовать даже, в том числе и на технические нужды, тогда как газ, выделившийся после первой ступени сепарации, обычно позволяют использовать без обработки для бытового потребления и топливные нужды. Нефть, после концевой ступени сепарации, подается в резервуары.

Недостатком в работе концевых сепараторов является унос растворенного газа. Для снижения уноса газа большое внимание уделяют усовершенствованию концевых ступеней сепарации. [2, стр. 161]

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Описание технологической схемы

Нефтегазосодержащая жидкость со скважин месторождений, поступает на входную гребенку с давлением от 0,12 МПа до 0,4 МПа. С входной гребенки жидкость через задвижку по трубопроводу под давлением поступает в устройство предварительного отбора газа №1,2 (далее УПОГ-1, УПОГ-2), в котором происходит предварительное расслоение на газовую, водную и нефтяную фазу. Газ, выделившийся в УПОГ-1, поступает в сепаратор газовый СГ-1. Нефтегазосодержащая жидкость из УПОГ-1 поступает на первую ступень сепарации, на вход сепаратора С-1/1. Происходит разделение газожидкостной смеси на газовую и жидкую фазы. Выделившийся газ данной ступени сепарации под давлением поступает в сепаратор газовый СГ-1. Сепарированная обводненная нефть с С-1/1 поступает на концевую сепарационную установку КС-1. В концевой сепарационной установке происходит отделение остаточного газа. Остаточный газ из концевой сепарационной установки КС-1 с давлением от 0,01 МПа до 0,05 МПа подается в газопровод факела низкого давления. Дегазированная обводненная нефть с КС-1 с давлением от 0,05 МПа до 0,16 МПа поступает в резервуары РВС-2000 № 1 и РВС-3000 №2

					ФЮРА.751774.000.РПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Описание технологической схемы				Лит.	Лист	Листов
Студент.	Пономарев										
Руковод.	Тихонов В.В									13	
Конс.											
Н. Контр.											
Руков. ООП.											

3. Расчет сепаратора

3.1. Технологический расчет

Целью технологического расчета аппарата является определение его геометрических параметров, а именно его, так же составление материального баланса.

Исходные данные:

Газовый фактор	$\Gamma_0 := 80 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$
Производительность по нефти	$Q_H := 0.0006 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$
Обводненность	$w := 22 \%$
Давление в сепараторе	$P := 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$
Температура эмульсии	$t := 293 \text{ К}$
Универсальная газовая постоянная	$R := 8.31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
Плотность нефти	$\rho_H := 810 \cdot 10^3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$
Плотность воды	$\rho_B := 1000 \cdot 10^3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$
Плотность газа	$\rho_{\Gamma} := 1.8 \cdot 10^3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$
Ускорение свободного падения	$g := 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
Радиус капли воды	$r := 500 \cdot 10^{-6} \text{ м}$
Вязкость воды	$\mu_B := 1$
Вязкость нефти	$\mu_H := 10$

					ФЮРА.751774.000.РПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчет сепаратора			Лит.	Лист	Листов	
Студент.											
Руковод.										14	
Конс.											
Н. Контр.											
Руков.ООП.											

3.1.1 Материальный баланс

По своей физико-химической сущности процесс сепарации является сложным многокомпонентным процессом.

$$Q_{\text{сырья}} := Q_{\text{нефти}} + Q_{\text{воды}} + Q_{\text{газа}}$$

где $Q_{\text{газа}}$ - расход газа (растворенного и свободного);

$Q_{\text{воды}}$ - расход воды;

$$Q_{\text{газа}} := Q_{\text{H}} \cdot \Gamma_0 \cdot \left(1 - \frac{w}{100}\right) = 0.0006 \cdot 80 \cdot \left(1 - \frac{22}{100}\right) = 0.037 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$Q_{\text{воды}} = Q_{\text{H}} \cdot \frac{w}{100} = 0.0006 \cdot \left(\frac{22}{100}\right) = 0.00013 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

тогда:

$$Q_{\text{сырья}} := Q_{\text{H}} + Q_{\text{воды}} + Q_{\text{газа}} = 0.0006 + 0.00013 + 0.037 = 0.038 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

3.1.2 Аппаратурный расчет

Основной целью технологического расчета является определение основных геометрических параметров сепаратора. А именно диаметра и высоты аппарата.

Обычно при горизонтальном расположении сепаратора и при наличии отбойника, коэффициент уравнения Саудер- Брауна принимают равным 0.12

$$K := 0.12$$

Скорость газа, при которой капля нефти успеет осесть в газовой среде, находим по формуле:

$$U_{\text{max}} := \sqrt{\frac{(\rho_{\text{H}} - \rho_{\text{Г}})}{\rho_{\text{Г}}}} \cdot K = \sqrt{\frac{(810 \cdot 10^3 - 1.8 \cdot 10^3)}{(1.8 \cdot 10^3)}} \cdot 0.12 = 2.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Минимальная площадь сечения, необходимая для газовой фазы:

$$A_{\text{Г}} = \frac{Q_{\text{газа}}}{U_{\text{max}}} = \frac{0.037}{2.5} = 0.015 \text{ м}^2$$

Скорость осаждения капли воды в слое нефти:

$$U_{\text{с}} := \frac{g \cdot r^2 \cdot (\rho_{\text{В}} - \rho_{\text{H}})}{18 \cdot \mu_{\text{эф}}}$$

где $\mu_{\text{эф}}$ - эффективная вязкость среды

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\mu_{эф} := \frac{\mu_H \cdot (2 \cdot \mu_H + 3 \cdot \mu_B)}{3 \cdot (\mu_H + \mu_B)} = \frac{10 \cdot (2 \cdot 10 + 3 \cdot 1)}{[3 \cdot (10 + 1)]} = 6.97$$

тогда:

$$U_c := \frac{g \cdot r^2 \cdot (\rho_B - \rho_H)}{18 \cdot \mu_{эф}} = \frac{9.8 \cdot (500 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (1000 \cdot 10^3 - 810 \cdot 10^3)}{(18 \cdot 6.97)} = 0.00371 \frac{м}{с}$$

Максимальная осевая скорость потока, равна скорости осаждения, умноженной на 15

$$U_{ax} := U_c \cdot 15 = 0.00371 \cdot 15 = 0.0556 \frac{м}{с}$$

Минимальная площадь сечения аппарата, необходимая для разделения водной и нефтяной фаз:

$$A_{сеп} := A_{\text{воды}} + A_H + A_{\Gamma}$$

$$A_H := \frac{Q_H}{U_{ax}} = \frac{0.0006}{0.0556} = 0.011 \text{ м}^2$$

$$A_{\text{воды}} := \frac{Q_{\text{воды}}}{U_{ax}} = \frac{0.00013}{0.0556} = 0.0023 \text{ м}^2$$

тогда:

$$A_{сеп} := A_{\text{воды}} + A_H + A_{\Gamma} = 0.0023 + 0.011 + 0.015 = 0.028 \text{ м}^2$$

Минимальный диаметр сепаратора:

$$D := \sqrt{4 \cdot \frac{A_{сеп}}{\pi}} = \sqrt{4 \cdot \left(\frac{0.028}{\pi} \right)} = 0.189 \text{ м}$$

Минимальная длина сепаратора:

$$L := D \cdot S$$

где $S := 4.5$ - коэффициент стройности сепаратора

тогда:

$$L := D \cdot S = 0.189 \cdot 4.5 = 0.85 \text{ м}$$

Объем сепаратора:

$$V := A_{сеп} \cdot L = 0.028 \cdot 0.85 = 0.024 \text{ м}^3$$

Так как изготовление сепаратора по индивидуальному заказу не экономично, выберем сепаратор, который используется непосредственно на предприятии.

Вывод: в ходе технологического расчета были определены: Длина сепаратора 6030 мм; Диаметр сепаратора 2000 мм; Объем сепаратора 16 м³

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.2 Конструктивный расчет

Целью конструктивного расчета является определение диаметров патрубков, используемых в аппарате

Проводим расчет согласно [3]

Диаметры патрубков для входа нефтегазовой смеси, выхода нефти и воды:

$$\omega_{\text{Ж}} := 2.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Минимальный диаметр патрубка входа смеси

$$d_{\text{вх.смеси}} := \sqrt{\frac{4 \cdot (Q_{\text{ВОДЫ}} + Q_{\text{Н}})}{\pi \cdot \omega_{\text{Ж}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0.00013 + 0.0006)}{(\pi \cdot 2.5)}} = 0.0193 \text{ м}$$

Принимаем стандартный используемый на предприятии патрубок

$$D_{\text{вх.смеси}} := 0.2 \text{ м}$$

Минимальный диаметр патрубка для выхода воды:

$$d_{\text{вых.воды}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{ВОДЫ}}}{\pi \cdot \omega_{\text{Ж}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.00013}{(\pi \cdot 2.5)}} = 0.0081 \text{ м}$$

Принимаем стандартный используемый на предприятии патрубок диаметром:

$$D_{\text{вых.воды}} := 0.050 \text{ м}$$

Минимальный диаметр патрубка выхода нефти:

$$d_{\text{вых.нефти}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{Н}}}{\pi \cdot \omega_{\text{Ж}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0006}{(\pi \cdot 2.5)}} = 0.017 \text{ м}$$

Принимаем:

$$D_{\text{вых.нефти}} := 0.150 \text{ м}$$

Принимаем скорость газа в сепараторе: [3, табл. 1.1]

$$\omega_{\text{Г}} := 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Минимальный диаметр патрубка для выхода газа:

$$d_{\text{вых.газа}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{газа}}}{\pi \cdot \omega_{\text{Г}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.037}{(\pi \cdot 25)}} = 0.043 \text{ м}$$

Принимаем:

$$D_{\text{вых.газа}} := 0.150 \text{ м}$$

Люк-лаз принимаем диаметром:

$$D_{\text{ЛЮК}} := 0.450 \text{ м}$$

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вывод: в ходе конструктивного расчета были определены диаметры патрубков, патрубков для входа смеси с диаметром 200мм, выхода газа, нефти – 150 мм, выхода воды – 50 мм. Так же в конструкции сепаратора используется люк лаз диаметром 450 мм.

3.3 Механический расчет

Целью механического расчета является обеспечение механической надежности работы проектируемого оборудования. Показателями механической надежности данного аппарата являются прочность, устойчивость, герметичность фланцевых соединений. Все эти критерии должны обеспечить сохранение во времени механических свойств деталей в установленных пределах значений всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки.

Расчетная модель аппарата представлена на рис. 1

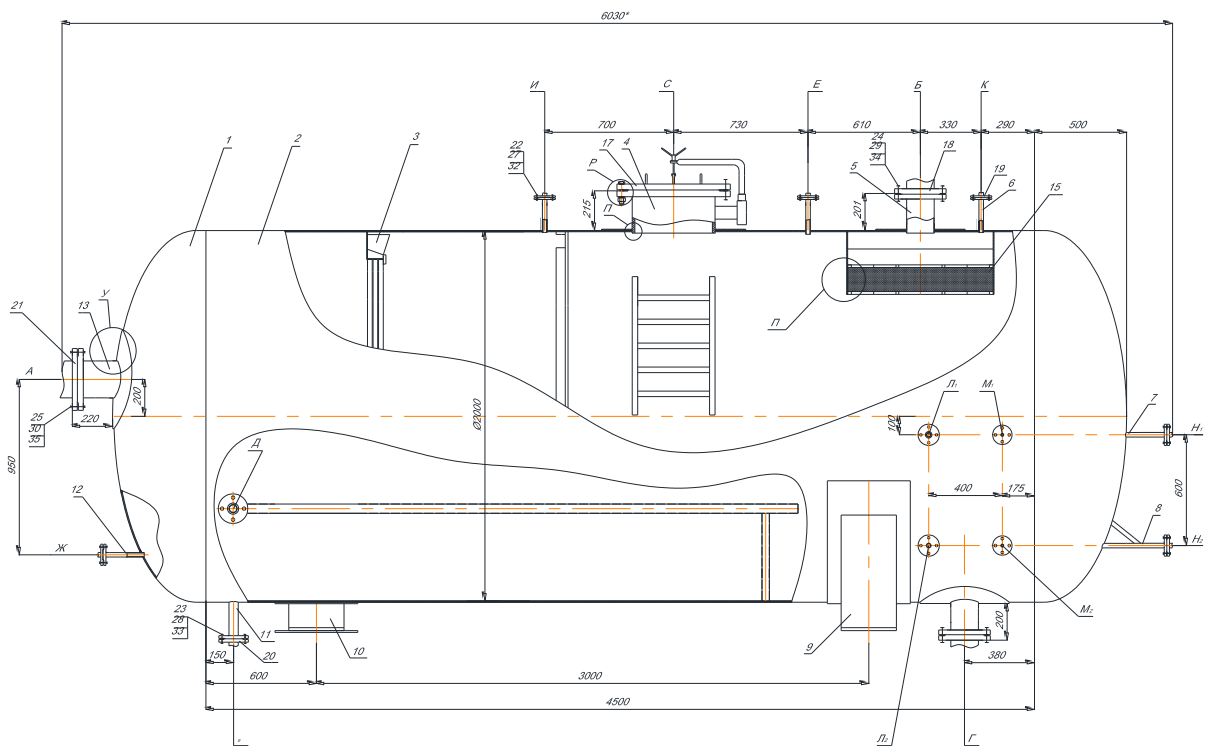


Рисунок 1 Расчетная модель сепаратора

1-крышка эллиптическая, 2-обечайка цилиндрическая, 3,16-отбойник, 4-люк-лаз, 5-8-штуцера, 9-опора неподвижная, 10-опора подвижная, 11-15 – штуцера технологические.

Исходные данные:

Внутреннее давление, МПа

$P := 0.97$

Прибавка на коррозию, мм

$c := 2$

Срок эксплуатации, лет

$\tau := 20$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ФЮРА.751774.000.РПЗ

Лист

18

Рабочая температура, °C	$t := 10 - 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ примем $t := 25$
Внутренний диаметр аппарата, мм	$D := 2000$
Объем аппарата, м ³	$V := 16$
Диаметр патрубка входа смеси, мм	$d_1 := 200$
Диаметр патрубка вывода нефти, мм	$d_2 := 150$
Диаметр патрубка вывода воды, мм	$d_3 := 50$
Диаметр патрубка вывода газа, мм	$d_4 := 150$
Угол между осью наклонного штуцера и нормалью к поверхности обечайки исходя из конструктивных соображений $\gamma := 0$	
Расстояние от центра укрепления отверстия до оси, м	$x := 0.2 \text{ м}$

Выбор материала для элементов аппарата

Условия эксплуатации химического оборудования определяют следующие основные требования к конструкционным материалам:

- высокая химическая и коррозионная стойкость материала в агрессивных средах при рабочих параметрах;
- высокая механическая прочность при заданных рабочих давлениях, температурах и дополнительных нагрузках, возникающих при гидравлических испытаниях и в период эксплуатации аппаратов;
- хорошая свариваемость материалов с обеспечением высоких механических свойств сварных соединений;
- низкая стоимость и недифицитность материалов.

Выберем материал основных деталей сталь 09Г2С-8 (ГОСТ 5520-79). Сталь характеризуется хорошей свариваемостью и высокой коррозионной стойкостью. Данная сталь используется для изготовления всех частей аппарата, в том числе фланцев и патрубков. Так как при изготовлении вышеперечисленных элементов из другой стали, в местах соединения деталей будет возникать разность потенциалов, что приведет к увеличению скорости коррозии.

3.3.1 Определение расчетных параметров

Допускаемое напряжение при рабочих условиях, МПа

Напряжение определяем согласно [10]

$$t_p := \max(t, 20) \quad t_p = 25$$

В рабочем состоянии:

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 196 \\ 177 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_p), 0.5)$$

$$\sigma = 194.5 \text{ МПа}$$

$\eta := 1$ поправочный коэффициент для листового металла

$$\sigma_d := \sigma \cdot \eta = 194.5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение при гидравлических испытаниях, МПа

Расчетное значение предела текучести для стали марки 09Г2С примем согласно [1, табл.Б1]

$$R_{e.20} := 300 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{и} := \text{Floor}\left(\frac{R_{e.20}}{1.1}, 0.5\right) = \text{Floor}\left(\frac{300}{1.1}, 0.5\right) = 272.0 \text{ МПа}$$

Гидравлическое испытание будет проводиться при пробном давлении

Допускаемое напряжение для стали марки 09Г2С при 20 °С согласно [1, табл.А1]

$$\sigma_{20} := 196 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{д.20} := \sigma_{20} \cdot \eta = 196 \cdot 1 = 196.0 \text{ МПа}$$

Тогда пробное давление, МПа:

$$P_{пр} := 1.25 \cdot P \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_d}$$

$$P_{пр} = 1.22 \text{ МПа}$$

где σ_{20} и σ_d - допускаемые напряжения для материала сосуда и его элементов при 20 градусах и расчетной температуре, МПа

P - рабочее давление

Коэффициент прочности сварного шва определяем из условия, что стыковые швы будут выполнены автоматической сваркой с двусторонним сплошным проваром с длиной контролируемых швов от общей длины 100%.

$$\phi := 1$$

3.3.2 Расчет толщины стенки обечайки (поз. 2) под действием внутреннего давления

Целью является определение толщины стенки обечайки, необходимой для обеспечения прочности аппарата.

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

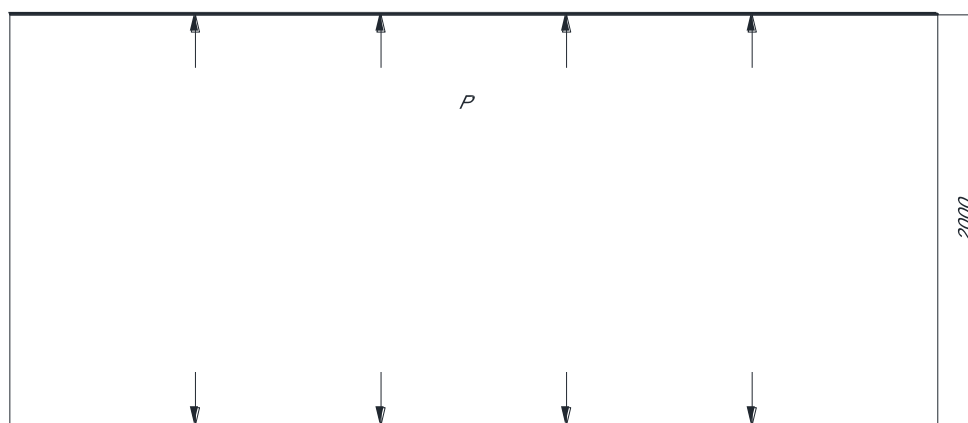


Рисунок 2 Расчетная схема цилиндрической обечайки

Толщина стенки цилиндрической обечайки [13]:

$$s_p := \max \left(\frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma_d \cdot \phi - P}, \frac{P_{пр} \cdot D}{2 \cdot \sigma_{и} \cdot \phi - P_{пр}} \right) = \max \left[\frac{0.97 \cdot 2000}{(2 \cdot 194.5 \cdot 1 - 0.97)}, \frac{1.25 \cdot 0.97 \cdot \left(\frac{196}{194.5} \right) \cdot 2000}{\left[2 \cdot 272.0 \cdot 1 - 1.25 \cdot 0.97 \cdot \left(\frac{196}{194.5} \right) \right]} \right]$$

Исполнительная толщина стенки:

$$S_1 := s_p + c = 5.0 + 2 = 7.0 \text{ мм}$$

Проверка условия применения формул при $D > 200 \text{ мм}$

$$\text{Prov}_1 := \begin{cases} \text{"условие применения формул выполняется"} & \text{if } \frac{S_1 - c}{D} \leq 0.1 \\ \text{"условие применения формул НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Prov}_1 = \text{"условие применения формул выполняется"}$$

Расчет допускаемого внутреннего избыточного давления на цилиндрическую обечайку, МПа:

- в рабочих условиях

$$P_{д.с1} := \frac{2 \cdot \phi \cdot \sigma_d \cdot (S_1 - c)}{D + (S_1 - c)} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 194.5 \cdot (7.0 - 2)}{[2000 + (7.0 - 2)]} = 0.97 \text{ МПа}$$

- в условиях испытаний

$$P_{д.и.с1} := \frac{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{и} \cdot (S_1 - c)}{D + (S_1 - c)} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 272.0 \cdot (7.0 - 2)}{[2000 + (7.0 - 2)]} = 1.4 \text{ МПа}$$

Вывод: определили допускаемое избыточное давление на обечайку, исполнительную толщину стенки обечайки, полученное значение обеспечивает прочность аппарата, условие прочности выполняется.

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.3.3. Расчет толщины стенки эллиптической крышки аппарата (поз. 1)

Целью является определение толщины стенки крышки аппарата, необходимой для обеспечения прочности сосуда.

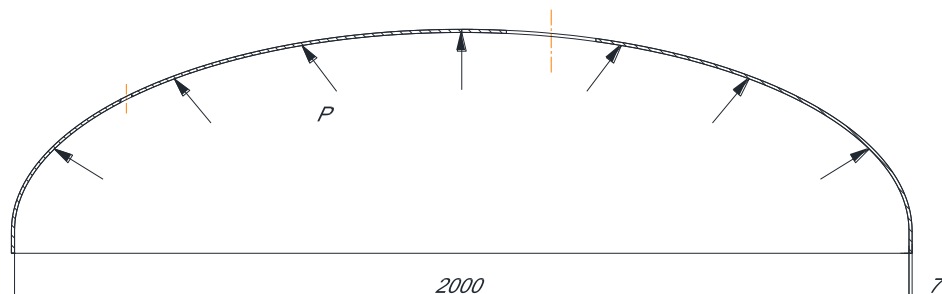


Рисунок 3 Расчетная схема эллиптической крышки

Для эллиптической крышки условие применения формул согласно [10]

$$0.2 \leq \frac{h}{D} \leq 0.5$$

В соответствии с [11]:

$$h := 0.25 \cdot D = 0.25 \cdot 2000 = 500.0 \text{ мм}$$

где h - высота эллиптической крышки

Радиус кривизны в вершине крышки:

при $h=0.25D$

$$R_{\text{кр}} := D$$

$$R = 2000 \text{ мм}$$

Толщина стенки эллиптической крышки:

$$s_{\text{э.к}} := \max \left(\frac{P \cdot R}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{\text{д}} - 0.5P}, \frac{P_{\text{пр}} \cdot R}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{\text{и}} - 0.5 \cdot P_{\text{пр}}} \right)$$

$$s_{\text{э.к}} = \max \left[\frac{0.97 \cdot 2000}{(2 \cdot 1 \cdot 194.5 - 0.5 \cdot 0.97)}, \frac{1.25 \cdot 0.97 \cdot \left(\frac{196}{194.5} \right) \cdot 2000}{2 \cdot 1 \cdot 272.0 - 0.5 \cdot \left[1.25 \cdot 0.97 \cdot \left(\frac{196}{194.5} \right) \right]} \right]$$

$$s_{\text{э.к}} = 5.0 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки:

$$S_{\text{э.к}} := \text{Ceil}(s_{\text{э.к}} + c, 1) = \text{Ceil}(5.0 + 2, 1) = 7.0 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- в рабочем состоянии

$$P_d := \frac{2 \cdot \sigma_d \cdot \phi \cdot (S_{\text{Э.К}} - c)}{R + 0.5 \cdot (S_{\text{Э.К}} - c)} = \frac{2 \cdot 194.5 \cdot 1 \cdot (7.0 - 2)}{[2000 + 0.5 \cdot (7.0 - 2)]} = 0.97 \text{ МПа}$$

- в условиях испытаний

$$P_{\text{д.и}} := \frac{2 \cdot \sigma_{\text{и}} \cdot \phi \cdot (S_{\text{Э.К}} - c)}{R + 0.5 \cdot (S_{\text{Э.К}} - c)} = \frac{2 \cdot 272.0 \cdot 1 \cdot (7.0 - 2)}{[2000 + 0.5 \cdot (7.0 - 2)]} = 1.36 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется, так как

$$P < P_d$$

$$\text{Prov_2} := \begin{cases} \text{"условие применения формул выполняется"} & \text{if } \frac{S_{\text{Э.К}} - c}{D} \leq 0.1 \\ \text{"условие применения формул НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov_2 = "условие применения формул выполняется"

В результате расчетов выбираем крышку с диаметром D=2000 мм, толщиной стенки s=7 мм и h=500 мм из стали марки 09Г2С согласно [11] "Крышка 2000-8-09Г2С ГОСТ 6533-68" . Толщина стенки обеспечит условие прочности аппарата, так как условие прочности выполняется.

3.3.4 Подбор штуцеров и укрепление отверстий

Расчет допускаемого напряжения материала штуцеров проводим в соответствии с [15]

Так как штуцера изготовлены из такой же стали, что и корпус аппарата, можем принять:

Допускаемое напряжение материала накладного кольца при расчетной температуре:

$$\sigma_{d1} := \sigma_d$$

Допускаемое напряжение материала внешней части штуцера:

$$\sigma_{d2} := \sigma_d$$

Допускаемое напряжение внутренней части штуцера при этой же температуре:

$$\sigma_{d3} := \sigma_d$$

Расчетные диаметры укрепляемых элементов:

- для цилиндрической обечайки

$$D_{p2} := D$$

$$D_{p2} = 2000 \text{ мм}$$

- для эллиптических обечаек

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$D_{p1} := \frac{D^2}{2 \cdot H} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{D^2 - 4 \cdot H^2}{D^4} \cdot x^2} = \frac{2000^2}{[2 \cdot (0.25 \cdot 2000)]} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \left[\frac{2000^2 - 4 \cdot (0.25 \cdot 2000)^2}{2000^4} \right]} \cdot 0.2^2 = 4000$$

Расчетный диаметр отверстия в стенке днища

$$d_{p1} := \frac{d_1 + 2 \cdot c}{\sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot x}{D_{p1}} \right)^2}} = \frac{(200 + 2 \cdot 2)}{\sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot 0.2}{3999.0} \right)^2}} = 204.0 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр отверстия в стенке обечайки

$$d_{p2} := \frac{d_2 + 2 \cdot c}{\cos(\gamma)^2} = \frac{(150 + 2 \cdot 2)}{\cos(0)^2} = 154.0 \text{ мм}$$

Расчет толщины стенки штуцера, нагруженного как внутренним, так и наружным давлением:

- для цилиндрической оболочки

$$s_{p1} := \frac{P \cdot (D_{p2})}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_D - P} = \frac{1.25 \cdot 0.97 \cdot \left(\frac{196}{194.5} \right) \cdot 2000}{\left[2 \cdot 1 \cdot 194.5 - 1.25 \cdot 0.97 \cdot \left(\frac{196}{194.5} \right) \right]} = 5.0 \text{ мм}$$

- для эллиптической оболочки

$$s_{p2} := \frac{P \cdot (D_{p1})}{4 \cdot \phi \cdot \sigma_D - P} = \frac{1.25 \cdot 0.97 \cdot \left(\frac{196}{194.5} \right) \cdot 4000.0}{\left[2 \cdot 1 \cdot 194.5 - 1.25 \cdot 0.97 \cdot \left(\frac{196}{194.5} \right) \right]} = 5.0 \text{ мм}$$

Расчетная толщина стенки штуцера:

$$s_{p11} := \frac{P \cdot |d_1 + 2 \cdot c|}{2 \cdot (\phi \cdot \sigma_D) - P} = \frac{0.97 \cdot |200 + 2 \cdot 2|}{[2 \cdot (1 \cdot 194.5) - 0.97]} = 0.51$$

$$s_{p12} := \frac{P \cdot |d_2 + 2 \cdot c|}{2 \cdot (\phi \cdot \sigma_D) - P} = \frac{0.97 \cdot |150 + 2 \cdot 2|}{[2 \cdot (1 \cdot 194.5) - 0.97]} = 0.38$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия не требующего укрепления

$$d_{02} := 2 \cdot \left[\left(\frac{S_1 - c}{s_{p1}} \right) - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_{p1} \cdot (S - c)} = 2 \cdot \left[\left(\frac{7.0 - 2}{5.0} \right) - 0.8 \right] \cdot \sqrt{4000.0 \cdot (7 - 2)} = 56.6$$

$$d_{01} := 2 \cdot \left[\left(\frac{S - c}{s_{p2}} \right) - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_{p2} \cdot (S - c)} = 2 \cdot \left[\left(\frac{7 - 2}{5.0} \right) - 0.8 \right] \cdot \sqrt{2000 \cdot (7 - 2)} = 40.0$$

Проверка условий применения формул для расчета укрепления отверстий в эллиптической крышке:

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

пров_1 := $\left| \begin{array}{l} \text{"Отношение диаметров НЕ выполняется"} \text{ if } \frac{d_{p1} - 2 \cdot c}{D} \geq 0.6 \\ \text{"Отношение толщины стенки днища к диаметру НЕ выполняется"} \text{ if } \frac{s_c - c}{D} \geq 0.1 \\ \text{"Условие применения формул выполняется"} \text{ otherwise} \end{array} \right.$

пров_1 = "Условие применения формул выполняется"

пров_11 := $\left| \begin{array}{l} \text{"Отношение диаметров не выполняется"} \text{ if } \frac{d_{p2} - 2 \cdot c}{D} \geq 0.6 \\ \text{"Отношение толщины к диаметру не выполняется"} \text{ if } \frac{s - c}{D} \geq 0.1 \\ \text{"Условие применения формул выполняется"} \text{ otherwise} \end{array} \right.$

пров_11 = "Условие применения формул выполняется"

Проверка необходимости дальнейшего расчета укрепления отверстия

пров_2 := $\left| \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстий НЕ требуется"} \text{ if } d_{01} < d_1 \\ \text{"Укрепление отверстий требуется"} \text{ otherwise} \end{array} \right.$

пров_2 = "Укрепление отверстий НЕ требуется"

пров_21 := $\left| \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстий НЕ требуется"} \text{ if } d_{02} < d_3 \\ \text{"Укрепление отверстий требуется"} \text{ otherwise} \end{array} \right.$

пров_21 = "Укрепление отверстий требуется"

Расчет укрепления отверстий

Целью данного раздела является расчет укрепления отверстий в стенке оболочки, если это необходимо, для снижения концентрации напряжений вблизи этих отверстий и укрепления оболочки . Укрепление отверстий будем проводить с помощью накладного кольца. Расчетная схема укрепления представлена на рис.4.

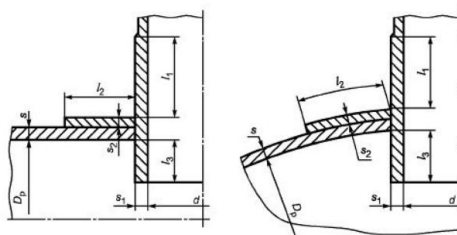


Рисунок 4 Укрепление отверстий накладным кольцом

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

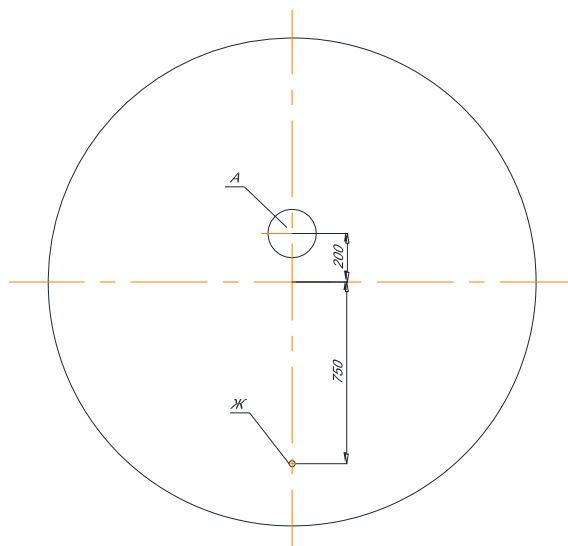


Рисунок 5 Схема расположения отверстий в крышке аппарата

Расчет площади накладного кольца:

Согласно [9] толщина накладного кольца применяется равной или больше половине толщины оболочки. Примем толщину накладного кольца равной толщине оболочки

$$s_2 := S_1 \quad s_3 := S$$

Ширина зоны укрепления

$$l_p := \sqrt{D_p \cdot (S_1 - c)} = \sqrt{2000 \cdot (7.0 - 2)} = 100.0 \text{ мм}$$

Длина внешней части круглого штуцера, участвующего в укреплении отверстия

$$l_{1p} := \sqrt{(d_2 + 2 \cdot c) \cdot (S_1 - c)} = \sqrt{(150 + 2 \cdot 2) \cdot (7.0 - 2)} = 28.0 \text{ мм}$$

Длина внутренней части круглого штуцера, участвующего в укреплении отверстия

$$l_{3p} := 0.5 \cdot \sqrt{(d_2 + 2 \cdot c) \cdot (s_3 - 2 \cdot c)} = 0.5 \cdot \sqrt{(150 + 2 \cdot 2) \cdot (7 - 2 \cdot 2)} = 11.0 \text{ мм}$$

Ширина накладного кольца

$$l_{2p} := \sqrt{D_p \cdot (s + s_2 - c)} = \sqrt{2000 \cdot (7 + 7.0 - 2)} = 154.0 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Так как штуцер изготовлен из стали, что и накладное кольцо, то отношения их допускаемых напряжений будет равно 1

- для внешней части штуцера

$$\chi_1 := \min(1, 1) = \min(1, 1) = 1.0$$

- для внутренней части штуцера

$$\chi_3 := \min(1, 1) = \min(1, 1) = 1.0$$

- для накладного кольца

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\chi_2 := \min(1, 1) = \min(1, 1) = 1.0$$

Проверка условий укрепления одиночного отверстия

$$A_{01} := l_{1p} \cdot (S_1 - s_{p11} - c) \cdot \chi_1 = 28.0 \cdot (7.0 - 0.51 - 2) \cdot 1.0 = 125.0 \text{ мм}^2$$

$$A_{02} := l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 = 154.0 \cdot 7.0 \cdot 1.0 = 1078.0 \text{ мм}^2$$

$$A_{03} := l_{3p} \cdot (s_3 - c - c_{s1}) \cdot \chi_3 = 11.0 \cdot (7 - 2 - 0) \cdot 1.0 = 55.0 \text{ мм}^2$$

$$A_{p.c} := l_p \cdot (S - s_{p11} - c) = 100.0 \cdot (7 - 0.51 - 2) = 449.0 \text{ мм}^2$$

$$A_p := 0.5 \cdot (d_{p2} - d_{02}) \cdot s_{p11} = 0.5 \cdot (154.0 - 56.6) \cdot 0.51 = 25.0 \text{ мм}^2$$

$$\text{Sum} := A_{01} \cdot \chi_1 + A_{02} \cdot \chi_2 + A_{03} \cdot \chi_3 + A_{p.c} = 1707 \text{ мм}^2$$

$$\text{пров}_4 := \begin{cases} \text{"Отверстие укреплено"} & \text{if Sum} \geq A_p \\ \text{"Требуется дополнительное укрепление отверстия"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{пров}_4 = \text{"Отверстие укреплено"}$$

В ходе расчета была определена ширина зоны укрепления, длина штуцера, участвующего в укреплении. Была проведена проверка укрепления отверстия. В результате расчетов можем принять штуцера согласно [14]

Тип 1, исполнение 4

Труба 219x8 09Г2С

Труба 159x6 09Г2С

Труба 57x4 09Г2С

Учет взаимного влияния отверстий в аппарате

Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие не оказывает на него влияния, что имеет место, когда расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию

$$b \geq \sqrt{D_{p1} \cdot (s - c_k)} + \sqrt{D_{p2} \cdot (s - c_k)}$$

$$D_{p1} := \frac{D^2}{2 \cdot H} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{D^2 - 4 \cdot H^2}{D^4} \cdot x_2^2} = \frac{2000^2}{[2 \cdot (0.25 \cdot 2000)]} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \left[\frac{2000^2 - 4 \cdot (0.25 \cdot 2000)^2}{2000^4} \right]} \cdot 200^2 = 3940.0$$

$$D_{p2} := \frac{D^2}{2 \cdot H} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{D^2 - 4 \cdot H^2}{D^4} \cdot x_2^2} = \frac{2000^2}{[2 \cdot (0.25 \cdot 2000)]} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \left[\frac{2000^2 - 4 \cdot (0.25 \cdot 2000)^2}{2000^4} \right]} \cdot 750^2 = 3041.0$$

$$b := 838 \text{ мм}$$

$$\sqrt{D_{p1} \cdot (s - c_k)} + \sqrt{D_{p2} \cdot (s - c_k)} = 280.731$$

Следовательно, отверстие считается одиночным, расчет взаимовлияющих отверстий не требуется.

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.4 Расчет фланцевого соединения

Цель данного раздела состоит в определении расчетных параметров фланцев, определения усилия, действующих на прокладку, необходимого для герметичности фланцевого соединения, нагрузки на болты, с целью обеспечения прочности и герметичности фланцевого соединения.

Расчет проводим согласно [15,16]

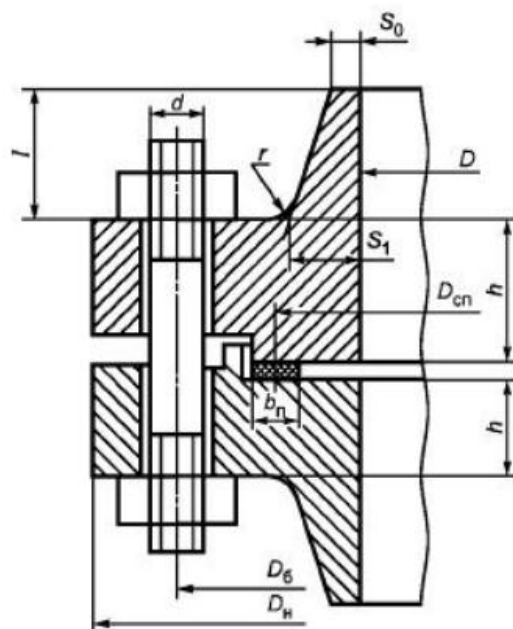
Материал обечайки и фланцев - сталь 09Г2С

Материал болтов - сталь 40Х

Материал прокладки - паронит

Фланцы принимаем плоские, так как давление не высокое

Так как используемая среда агрессивная и токсичная, выбираем фланцы с уплотнительной поверхностью типа выступ - впадина. На рис.6 представлена расчетная схема фланцевого соединения.



б - фланцевое соединение с
уплотнительной поверхностью типа
выступ-впадина

Рисунок 6 Расчетная схема фланцевого соединения

Диаметр прохода, мм $D_y := 200$

Наружный диаметр фланца, мм $D_n := 335$

Диаметр отверстий для болтов, мм $D_b := 295$

Толщина фланца, мм $\underline{h} := 27$

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Диаметр болтов, мм..	$d := 22$	
Диаметр прокладки, мм	$D_{\text{сп}} := 227$	
Количество болтов, шт	$n := 12$	
Рабочая температура, °C	$t := 25$	
Расчетное давление, МПа	$P := 0.97$	
Толщина прокладки, мм	$h_{\text{п}} := 2$	
Ширина прокладки, мм	$b_{\text{п}} := 12$	
Толщина втулки фланца в месте присоединения к тарелке, мм	$S_0 := 7$	
Прибавка на коррозию, мм	$c := 2$	

Определение расчетных параметров

Расчетные температуры:

Расчетная температура неизолированных плоских фланцев, согласно [15]:

$$t_{\text{ф}} := 0.96 \cdot t = 0.96 \cdot 25 = 24.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Расчетная температура болтов:

$$t_{\text{б}} := 0.85 \cdot t = 0.85 \cdot 25 = 21.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Предел прочности при заданной температуре:

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 230 \\ 230 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{\text{д.б}} := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_{\text{б}}), 0.5)$$

$$\sigma_{\text{д.б}} = 230 \text{ МПа}$$

Модуль упругости болтов:

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad E := \begin{pmatrix} 2.18 \cdot 10^5 \\ 2.15 \cdot 10^5 \end{pmatrix}$$

$$E_{\text{б}} := \text{Floor}(\text{linterp}(t, E, t_{\text{б}}), 0.01) \text{ explicit , ALL} \rightarrow \text{Floor}\left[\text{linterp}\left[\begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 2.18 \cdot 10^5 \\ 2.15 \cdot 10^5 \end{pmatrix}, 21.0\right], 0.01\right]$$

$$E_{\text{б}} = 2.18 \times 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для болтов при 20 °C:

$$\sigma_{20.б} := 230 \text{ МПа}$$

Модуль упругости при температуре испытаний:

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$E_{20.6} := 2.18 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 40Х при температуре 20-200 градусов:

$$\alpha_6 := 3.4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{К}}$$

Так как фланцы изготовлены из того же материала, что и обечайка, примем допускаемые напряжения аналогичными обечайке.

допускаемое напряжение для стали 09Г2С, МПа $\sigma_d = 194.5$

допускаемое напряжение для стали 09Г2С при температуре 20 градусах, МПа $\sigma_{d,20} = 196$

модуль упругости стали 09Г2С при 20 градусах, МПа $E_{20} := 2.1 \cdot 10^5$

модуль упругости стали 09Г2С при рабочей температуре, МПа $E := 2.09 \cdot 10^5$

коэффициент линейного расширения стали 09Г2С $\alpha_\phi := 11.5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{К}}$

Эффективная ширина плоской прокладки

$$b_0 := \begin{cases} b_0 \leftarrow b_{\Pi} & \text{if } b_{\Pi} < 15 \\ b_0 \leftarrow \text{Ceil}(3.8 \cdot \sqrt{b_{\Pi}}, 1) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$b_0 = 12 \text{ мм}$$

Характеристики прокладки согласно [17, табл.И1]

Прокладочный коэффициент $m := 2.5$

Удельное давление обжатия прокладки, МПа $q_{обж} := 20$

Допускаемое удельное давление, МПа $q_d := 130 \text{ МПа}$

Коэффициент обжатия $K_{обж} := 0.9$

Условный модуль сжатия прокладки, МПа $E_{\Pi} := 0.02 \cdot 10^5$

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке:

$$P_{обж} := 0.5 \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_0 \cdot q_{обж} = 0.5 \cdot \pi \cdot 227 \cdot 12 \cdot 20 = 85576.0 \text{ Н}$$

Усилие на прокладке в рабочих условиях, необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения:

$$R_{\Pi} := \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_0 \cdot m \cdot P = \pi \cdot 227 \cdot 12 \cdot 2.5 \cdot 0.97 = 20752.0 \text{ Н}$$

Усилия в болтах фланцевого соединения при затяжке и в рабочих условиях

Площадь поперечного сечения болта согласно [17, прил. Д.]

$$f_6 := 281.5 \text{ мм}^2$$

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Суммарная площадь сечения болтов по внутреннему диаметру резьбы:

$$A_{\text{б}} := n \cdot f_{\text{б}} = 12 \cdot 281.5 = 3378.0 \text{ мм}^2$$

Равнодействующая нагрузка от давления

$$Q_{\text{д}} := 0.785 \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot P = 0.785 \cdot 227^2 \cdot 0.97 = 39236.0 \text{ Н}$$

Приведенная нагрузка, вызванная воздействием внешней силы и изгибающим моментом

$$M := 0$$

внешний изгибающий момент примем равным нулю

тогда $Q_{\text{FM}} := 0$ - приведенная нагрузка, вызванная внешней осевой силой или моментом:

Податливость прокладки.

$$y_{\text{п}} := \frac{h_{\text{п}} \cdot K_{\text{обж}}}{E_{\text{п}} \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{п}}} = \frac{2 \cdot 0.9}{(0.02 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot 227 \cdot 12)} = 1.1 \text{e-}7 \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Длина болта:

$$L_{\text{б0}} := 57 \text{ мм}$$

$$L_{\text{б}} := L_{\text{б0}} + 0.28 \cdot d = 57 + 0.28 \cdot 22 = 63.0 \text{ мм}$$

Податливость болтов:

$$y_{\text{б}} := \frac{L_{\text{б}}}{E_{20.6} \cdot A_{\text{б}}} = \frac{63.0}{(2.18 \cdot 10^5 \cdot 3378.0)} = 8.6 \text{e-}8 \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Расчетные параметры фланцев

Параметр длины обечайки

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0} = \sqrt{2000 \cdot 7} = 118.0 \text{ мм}$$

Отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру

$$K := \frac{D_{\text{н}}}{D} = \frac{335}{2000} = 0.17$$

Коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца

$$\beta_{\text{T}} := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945 \cdot K^2) \cdot (K - 1)} = \frac{[0.17^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(0.17)) - 1]}{[(1.05 + 1.945 \cdot 0.17^2) \cdot (0.17 - 1)]} = 1.3$$

$$\beta_{\text{U}} := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.36 \cdot (K^2 - 1) \cdot (K - 1)} \cdot -1 = \frac{[0.17^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(0.17)) - 1]}{[1.36 \cdot (0.17^2 - 1) \cdot (0.17 - 1)]} \cdot -1 = 1.1$$

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\beta_Y := \frac{1}{K-1} \cdot \left(0.69 \cdot 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{K^2 - 1} \right) \cdot -1 = \frac{1}{(0.17 - 1)} \cdot \left[0.69 \cdot 5.72 \cdot \left[\frac{0.17^2 \cdot \log(0.17)}{(0.17^2 - 1)} \right] \right] \cdot -1 = 0.11$$

$$\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} \cdot -1 = \frac{(0.17^2 + 1)}{(0.17^2 - 1)} \cdot -1 = 1.1$$

Для фланцевых соединений с приварными встык фланцами с прямой втулкой, плоскими фланцами и свободными фланцами принимают:

$$\beta_F := 0.91$$

$$\beta_V := 0.55$$

$$f := 1$$

Тогда:

$$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot S_0^2} = \frac{(0.91 \cdot 27 + 118.0)}{(1.3 \cdot 118.0)} + \frac{0.55 \cdot 27^3}{(1.1 \cdot 118.0 \cdot 7^2)} = 2.6$$

Угловая податливость фланца при затяжке

$$y_\Phi := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{E_{20} \cdot \lambda \cdot S_0^2 \cdot l_0} = \frac{0.91 \cdot 0.55}{(2.1 \cdot 10^5 \cdot 2.6 \cdot 7^2 \cdot 118.0)} = 1.6e-10 \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом

$$y_{\Phi H} := \left(\frac{\pi}{4} \right)^3 \cdot \frac{D_6}{E_{20} \cdot h^3 \cdot D_H} = \left(\frac{\pi}{4} \right)^3 \cdot \left[\frac{295}{(2.1 \cdot 10^5 \cdot 27^3 \cdot 335)} \right] = 1.0e-10 \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между болтами

$$C_F := \max \left[1, \sqrt{\frac{\pi \cdot D_6}{n \cdot \left(2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m + 0.5} \right)}} \right] = \max \left[1, \sqrt{\frac{\pi \cdot 295}{12 \cdot \left[2 \cdot 22 + \frac{6 \cdot 27}{(2.5 + 0.5)} \right]}} \right] = 1.0$$

Плечо действия усилия в болтах для приварных встык и плоских фланцев:

$$b := 0.5 \cdot (D_6 - D_{\text{СП}}) = 0.5 \cdot (295 - 227) = 34.0 \text{ мм}$$

Плечо усилия от действия давления на фланец

$$\beta := \frac{S_1}{S_0} = 1$$

$$x := \frac{l_0}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{118.0}{\sqrt{2000 \cdot 7}} = 1.0$$

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

$$\xi := 1 + (\beta - 1) \cdot \frac{x}{x + \frac{1 + \beta}{4}} = 1 + (1 - 1) \cdot \left[\frac{1.0}{1.0 + \frac{(1 + 1)}{4}} \right] = 1.0$$

$$S_9 := \xi \cdot S_0 = 1.0 \cdot 7 = 7.0 \text{ мм}$$

$$e_{\text{ww}} := 0.5 \cdot [D_{\text{сп}} - D_y - (S_9)] = 0.5 \cdot (227 - 200 - 7.0) = 10.0$$

Жесткость фланцевого соединения:

$$\gamma_{\text{ww}} := \frac{1}{y_{\text{п}} + y_{\text{б}} \cdot \frac{E_{20.6}}{E_{\text{б}}} + 2 \cdot b^2 \cdot \frac{E_{20}}{E} \cdot y_{\text{ф}}} = \frac{1}{1.1\text{e-}7 + 8.6\text{e-}8 \cdot \left[\frac{2.18 \cdot 10^5}{(2.18 \cdot 10^5)} \right] + 2 \cdot 34.0^2 \cdot \left[\frac{2.1 \cdot 10^5}{(2.09 \cdot 10^5)} \right] \cdot 1.6\text{e-}10}$$

$$\gamma = 1.762 \times 10^6$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного давлением или внешней осевой силой

$$\alpha := 1 - \frac{y_{\text{п}} - 2 \cdot e \cdot y_{\text{ф}} \cdot b}{y_{\text{п}} + y_{\text{б}} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\text{ф}}} = 1 - \frac{(1.1\text{e-}7 - 2 \cdot 10.0 \cdot 1.6\text{e-}10 \cdot 34.0)}{(1.1\text{e-}7 + 8.6\text{e-}8 + 2 \cdot 34.0^2 \cdot 1.6\text{e-}10)} = 0.998$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом

$$\alpha_M := \frac{y_{\text{б}} + 2 \cdot y_{\text{фн}} \cdot b \cdot \left(b + e - \frac{e^2}{D_{\text{сп}}} \right)}{y_{\text{б}} + y_{\text{п}} \cdot \left(\frac{D_{\text{б}}}{D_{\text{сп}}} \right)^2 + 2 \cdot y_{\text{фн}} \cdot b^2} = \frac{\left[8.6\text{e-}8 + 2 \cdot 1.0\text{e-}10 \cdot 34.0 \cdot \left(34.0 + 10.0 - \frac{10.0^2}{227} \right) \right]}{\left[8.6\text{e-}8 + 1.1\text{e-}7 \cdot \left(\frac{295}{227} \right)^2 + 2 \cdot 1.0\text{e-}10 \cdot 34.0^2 \right]} = 0.76$$

Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций в соединениях с приварными встык и плоскими фланцами

$$Q_t := \gamma \cdot [2 \cdot \alpha_{\text{ф}} \cdot h \cdot (t_{\text{ф}} - 20) - 2 \cdot \alpha_{\text{б}} \cdot h \cdot (t_{\text{б}} - 20)]$$

$$Q_{t_{\text{ww}}} := 4.052 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Нагрузка на болты.

Расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения в рабочих условиях давления на прокладку, достаточного для герметизации фланцевого соединения

Момент и внешняя осевая сила

$$M_{\text{ww}} := 0$$

$$F_{\text{ww}} := 0$$

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$P_{\sigma 1} := \max \left[\alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha \cdot M \cdot M}{D_{\text{сп}}}, \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha \cdot M \cdot M}{D_{\text{сп}}} - Q_t \right]$$

$$P_{\sigma 1} = \max \left[0.998 \cdot (39236.0 + 0) + 20752.0 + \frac{4 \cdot 0.76 \cdot 0}{227}, 0.998 \cdot (39236.0 + 0) + 20752.0 + \frac{4 \cdot 0.76 \cdot 0}{227} - 4.05 \right]$$

$$P_{\sigma 1} = 59909.0 \text{ Н}$$

$$P_{\sigma 2} := \max(P_{\text{обж}}, 0.4 \cdot A_{\sigma} \cdot \sigma_{20.6}) = \max(85576.0, 0.4 \cdot 3378.0 \cdot 230) = 310775.0 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке фланцевого соединения:

$$P_{\sigma \text{м}} := \max(P_{\sigma 1}, P_{\sigma 2}) = \max(59909.0, 310775.0) = 310775.0 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения обжатия прокладки и минимального начального натяжения болтов

$$P_{\sigma \text{р}} := P_{\sigma \text{м}} + (1 - \alpha) \cdot (Q_d + F) + Q_t + \frac{4 \cdot (1 - \alpha \cdot M) \cdot M}{D_{\text{сп}}}$$

$$P_{\sigma \text{р}} = 310775.0 + (1 - 0.998) \cdot (39236.0 + 0) + 4.052 \cdot 10^3 + \frac{4 \cdot [(1 - 0.76) \cdot 0]}{227}$$

$$P_{\sigma \text{р}} = 314905.0 \text{ Н}$$

Проверка прочности болтов и прокладки

Расчетные значения в болтах

- при затяжке

$$\sigma_{\sigma 1} := \frac{P_{\sigma \text{м}}}{A_{\sigma}} = \frac{310775.0}{3378.0} = 92.0 \text{ МПа}$$

- в рабочих условиях

$$\sigma_{\sigma 2} := \frac{P_{\sigma \text{р}}}{A_{\sigma}} = \frac{314905.0}{3378.0} = 93.0 \text{ МПа}$$

Условия прочности болтов.

$$\text{Usl_bolt} := \begin{cases} \text{"Условие прочности при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{\sigma 1} > \sigma_{20.6} \\ \text{"Условие прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{\sigma 2} > \sigma_{\text{д.б}} \\ \text{"Условия прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Usl_bolt} = \text{"Условия прочности выполняется"}$$

Удельное давление на прокладку:

$$q := \frac{\max(P_{\sigma \text{м}}, P_{\sigma \text{р}})}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\Pi}} = \frac{\max(310775.0, 314905.0)}{(\pi \cdot 227 \cdot 12)} = 37.0 \text{ МПа}$$

Условие прочности прокладки

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Usl_prokl := $\begin{cases} \text{"Условие прочности прокладки НЕ выполняется"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условие прочности прокладки выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Usl_prokl = "Условие прочности прокладки выполняются"

Расчет фланцев на статическую прочность

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец при затяжке

$$M_M := C_F \cdot P_{\text{бм}} \cdot b = 1.0 \cdot 310775.0 \cdot 34.0 = 1.06\text{e}7 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях

$$M_P := C_F \cdot \max[P_{\text{бр}} \cdot b + (Q_d + Q_{FM}) \cdot e, |Q_d + Q_{FM}| \cdot e]$$

$$M_P = 1.0 \cdot \max[314905.0 \cdot 34.0 + (39236.0 + 0) \cdot 10.0, |39236.0 + 0| \cdot 10.0]$$

$$M_P = 1.1\text{e}7 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке

Меридиональное изгибное напряжение во втулке приварного встык фланца, обечайке плоского фланца

$$D_{\text{пр}} := D$$

$D_{\text{пр}}$ - приведенный диаметр фланца, в нашем случае, для плоского фланца принимается равным D

$$\sigma_{0M} := \frac{M_M}{\lambda \cdot (S_0 - c)^2 \cdot D_{\text{пр}}} = \frac{1.06\text{e}7}{2.6 \cdot (7 - 2)^2 \cdot 2000} = 82.0 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{1M} := \sigma_{0M}$$

Напряжения в тарелке приварного встык фланца или плоского фланца в условиях затяжки:

- радиальное

$$\sigma_{Rm} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_M \cdot 10 = \frac{(1.33 \cdot 0.91 \cdot 27 + 118.0)}{(2.6 \cdot 27^2 \cdot 118.0 \cdot 2000)} \cdot 1.06\text{e}7 \cdot 10 = 36.0 \text{ МПа}$$

- окружное

$$\sigma_{Tm} := \frac{\beta_Y \cdot M_M}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{Rm} \cdot -1 = \frac{0.11 \cdot 1.06\text{e}7}{27^2 \cdot 2000} - 1.1 \cdot 36.0 \cdot -1 = 40.0 \text{ МПа}$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях

Меридиональные изгибные напряжения во втулке приварного встык фланца с прямой втулкой или плоских фланцев

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{0p} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (S_0 - c)^2 \cdot D_{np}} = \frac{1.1e7}{[2.6 \cdot (7 - 2)^2 \cdot 2000]} = 85.0 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{0mp} := \max \left[\frac{Q_d + F - \frac{4 \cdot M}{D_{сп}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c)}, \frac{Q_d + F + \frac{4 \cdot M}{D_{сп}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c)} \right] \cdot 10$$

$$\sigma_{0mp} = \max \left[\frac{\left(39236.0 + 0 - \frac{4 \cdot 0}{227} \right)}{[\pi \cdot (2000 + 7) \cdot (7 - 2)]}, \frac{\left(39236.0 + 0 + \frac{4 \cdot 0}{227} \right)}{[\pi \cdot (2000 + 7) \cdot (7 - 2)]} \right] \cdot 10$$

$$\sigma_{0mp} = 12.0 \text{ МПа}$$

Окружные мембранные напряжения от действия давления во втулке приварного встык фланца

$$\sigma_{0mop} := \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S_0 - c)} = \frac{0.97 \cdot 2000}{[2 \cdot (7 - 2)]} = 193.0 \text{ МПа}$$

Напряжения в тарелке приварного встык фланца или плоского фланца

- радиальное

$$\sigma_{Rp} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_p \cdot 12 = \frac{(1.33 \cdot 0.91 \cdot 27 + 118.0)}{(2.6 \cdot 27^2 \cdot 118.0 \cdot 2000)} \cdot 1.1e7 \cdot 12 = 44.5 \text{ МПа}$$

- окружное

$$\sigma_{Tp} := \frac{\beta_Y \cdot M_p}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{Rp} \cdot -1 = \frac{0.11 \cdot 1.1e7}{(27^2 \cdot 2000)} - 1.1 \cdot 44.5 \cdot -1 = 49.8 \text{ МПа}$$

Условия статической прочности

PR_1 := "Условия статической прочности при затяжке НЕ выполняются"

PR_2 := "Условия статической прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"

PR_3 := "Условия статической прочности выполняются"

Расчет ведем с учетом стесненности температурных деформаций, поэтому примем

$$K_T := 1.3$$

$$Usl_3 := \begin{cases} PR_1 & \text{if } \max(|\sigma_{0M} + \sigma_{Rm}|, |\sigma_{0M} + \sigma_{Tm}|) > K_T \cdot \sigma_{д.20} \\ PR_2 & \text{if } \max(|\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Tp}|, |\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Rp}|, |\sigma_{0p} + \sigma_{0mp}|) > K_T \cdot \sigma_{д.20} \\ PR_3 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\max(|\sigma_{0M} + \sigma_{Rm}|, |\sigma_{0M} + \sigma_{Tm}|) = 122 \text{ МПа}$$

$$K_T \cdot \sigma_{д.20} = 254.8 \text{ МПа}$$

$$\max(|\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Tp}|, |\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Rp}|, |\sigma_{0p} + \sigma_{0mp}|) = 122.8 \text{ МПа}$$

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_T \cdot \sigma_d = 252.85 \text{ МПа}$$

Usl_3 = "Условия статической прочности выполняются"

Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота приварного встык фланца или плоского фланца

$$\Theta := M_P \cdot y_{\phi} \cdot \frac{E_{20}}{E} = 1.1e7 \cdot 1.6e-10 \cdot \left[\frac{2.1 \cdot 10^5}{(2.09 \cdot 10^5)} \right] = 0.0018$$

Допустимый угол поворота плоского фланца при значении $D > 2000$ принимаем

$$\Theta_d := 0.013$$

Usl_4 := $\begin{cases} \text{"Условие в условиях испытаний НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > 1.3 \cdot \Theta_d \\ \text{"Условие в рабочих условиях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > 1 \cdot \Theta_d \\ \text{"Условия поворота фланца выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Usl_4 = "Условия поворота фланца выполняются"

В ходе данного раздела были определены расчетные параметры фланцев, усилия на прокладку, нагрузка на болты в рабочих условиях и при затяжке, проверены условия прочности и герметичности, условия выполняются.

3.5 Подбор стандартных опор

Целью является определение несущей способности обечайки, и подбор стандартных опор, необходимых для удержания аппарата, а так же расчет на прочность и устойчивость от действия осевого усилия от мембранных напряжений, действующих в области опоры, поперечной силы и изгибающего момента.

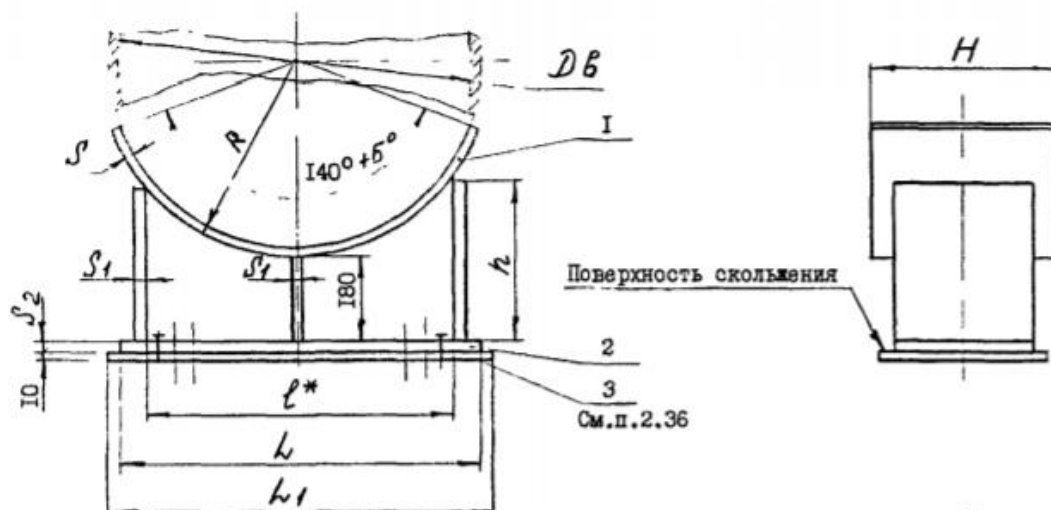


Рисунок 6 Опора аппарата

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Вес аппарата согласно [18]	$G_1 := 4730 \cdot 9.8 = 4.635 \times 10^4 \text{ Н}$
Ускорение свободного падения	$g = 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
Плотность воды	$\rho_{\text{в}} := 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Вес аппарата с жидкостью согласно [18]	$\underline{G} := 20730 \cdot 9.8 = 2.032 \times 10^5 \text{ Н}$
Вес на одну опору	$G_2 := \frac{G}{2} = 1.016 \times 10^5 \text{ Н}$
Выбираем «Опора П 250-1000-1 ОСТ 26-2091-93» согласно [19]	
Аппарат изготовлен из стали 09Г2С	
Плотность материала	$\rho := 7850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Высота выпуклой части днища по внутренней поверхности без учета цилиндрической отбортовки, мм	
	$\underline{H} := 500$
Длина цилиндрической части сосуда, включая длину цилиндрической отбортовки днища, мм	
	$\underline{L} := 8500$
Внутренний диаметр цилиндрической обечайки или выпуклого днища, мм	
	$\underline{D} := 2000$
Внутреннее избыточное давление, МПа	$P_{\text{раб}} := 1$
Коэффициент прочности сварных швов обечайки, расположенных в области опорного узла	
	$\underline{\phi} := 1$
Модуль продольной упругости при расчетной температуре, МПа	$\underline{E} := 1.91 \cdot 10^5$
Ширина седловой опоры, мм	$\underline{b} := 300$
Исполнительная толщина подкладного листа, мм	$\underline{s_2} := 10$
Ширина подкладного листа, мм	$b_2 := 450$
Допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа	$\sigma_t := 150$
Предел текучести при расчетной температуре, МПа	$\sigma_T := 254.5$
Вес аппарата, Н	$G_1 = 4.635 \times 10^4$
Допускаемое напряжение при 20 градусах, МПа	$\underline{\sigma_{20}} := 183$
Длина выступающей цилиндрич. части сосуда,	$a := 1800$

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

включая отбортовку днища, мм

Длина свободно выступающей части сосуда, мм

$$e := a + H = 2.3 \times 10^3$$

Рабочая температура аппарата, °C

$$t_{\text{раб}} := 25$$

Сумма прибавок к расчетной толщине стенки, мм

$$c := 2$$

Угол охвата седловой опоры, °

$$\delta_1 := 120$$

Угол охвата сосуда подкладным листом, °

$$\delta_2 := 140$$

Расчет опор аппарата

Расчетные данные:

Расчетная температура

o :=

Рабочие условия
Условия испытаний

o = 1

$$t := \begin{cases} \max(t_{\text{раб}}, 20) & \text{if } o = 1 \\ 20 & \text{if } o = 2 \end{cases}$$

t = 25 °C

Допускаемое напряжение при расчетной температуре:

Принимаем при расчетной температуре согласно [10]

$$\sigma_d := \begin{cases} \text{Floor}(\sigma_t \cdot \phi, 0.5) & \text{if } o = 1 \\ \text{Floor}\left(\frac{\sigma_T}{1.1}, 0.5\right) & \text{if } o = 2 \end{cases}$$

$\sigma_d = 150$ МПа

Расчетное давление:

$$p := \begin{cases} P_{\text{раб}} & \text{if } o = 1 \\ 1.25 \cdot P_{\text{раб}} \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_t} & \text{if } o = 2 \end{cases}$$

p = 1 МПа

Толщина стенки

$$s_r := \frac{p \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_d - p} = \frac{1 \cdot 2000}{(2 \cdot 1 \cdot 150 - 1)} = 6.7 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки $s := \text{Floor}(s_r + c, 1) = \text{Floor}(6.7 + 2, 1) = 8.0$ мм

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

примем согласно [19]

$$s := 16 \text{ мм}$$

Коэффициент запаса прочности

$$n_y := \begin{cases} 2.4 & \text{if } o = 1 \\ 1.8 & \text{if } o = 2 \end{cases}$$

$$n_y = 2.4$$

Нагрузка на корпус аппарата

$$q := \frac{G}{L + \frac{4 \cdot H}{3}} = \frac{203154.0}{\left(8500 + \frac{4 \cdot 500}{3}\right)} = 22.2 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$$

$$M_0 := q \cdot \frac{D^2}{16} = 22.2 \cdot \left(\frac{2000^2}{16}\right) = 5.55\text{e}6 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Опорное усилие

$$F_1 := \frac{G}{2} = \frac{203154.0}{2} = 101577.0 \text{ Н}$$

Момент над опорой

$$M_1 := \frac{q \cdot e^2}{2} - M_0 = \frac{22.2 \cdot 2300^2}{2} - 5.55\text{e}6 = 5.32\text{e}7 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Максимальный момент между опорами

$$M_{12} := M_0 + F_1 \cdot \left(\frac{L}{2} - a\right) - \frac{q}{2} \cdot \left(\frac{L}{2} + \frac{2 \cdot H}{3}\right)^2$$

$$M_{12} = 5.55\text{e}6 + 101577.0 \cdot \left(\frac{8500}{2} - 1800\right) - \frac{22.2}{2} \cdot \left(\frac{8500}{2} + \frac{2 \cdot 500}{3}\right)^2$$

Поперечное усилие в сечении оболочки над опорой

$$Q_1 := \frac{L - 2 \cdot a}{L + \frac{4 \cdot H}{3}} \cdot F_1 = \frac{(8500 - 2 \cdot 1800)}{\left(8500 + \frac{4 \cdot 500}{3}\right)} \cdot 101577.0 = 54297.0 \text{ Н}$$

Проверка несущей способности обечайки в сечении между опорами

Допускаемый изгибающий момент

$$M_d := \begin{cases} M_p \leftarrow \frac{\pi}{4} \cdot D \cdot (D + s - c)(s - c) \cdot \sigma_d \\ M_E \leftarrow \frac{8.9 \cdot 10^{-5} \cdot E}{n_y} \cdot D^3 \cdot \left[\frac{100 \cdot (s - c)}{D}\right]^{2.5} \\ M_d \leftarrow \frac{M_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{M_p}{M_E}\right)^2}} \end{cases}$$

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$M_d = 6.387 \times 10^9 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Дополнительные вычисления

$$x := \frac{L}{D} = \frac{8500}{2000} = 4.25$$

$$y := \frac{D}{s - c} = \frac{2000}{(16 - 2)} = 143.0$$

$$z = 1.34$$

$$K_9 := \max(z, 1) = \max(1.34, 1) = 1.34$$

$$\text{Усл_прочности} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } \frac{\pi \cdot D}{4 \cdot (s - c)} + \frac{4 \cdot M_{12} \cdot K_9}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)} \leq \sigma_d \cdot \phi \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется. Необходимо увеличить толщину стенки"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Усл_прочности} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

$$\frac{\pi \cdot D}{4 \cdot (s - c)} + \frac{4 \cdot M_{12} \cdot K_9}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)} = 112.846 \text{ МПа}$$

$$\sigma_d \cdot \phi = 150 \text{ МПа}$$

Проверка несущей способности обечайки, неукрепленной кольцами жесткости в области опорного кольца

Параметр, определяемый расстоянием до днища

$$\gamma := 2.83 \cdot \frac{a}{D} \cdot \sqrt{\frac{(s - c)}{D}} = 2.83 \cdot \left(\frac{1800}{2000} \right) \cdot \sqrt{\frac{(16 - 2)}{2000}} = 0.213$$

Параметр, определяемый шириной пояса опоры

$$\beta_1 := 0.91 \cdot \frac{b}{\sqrt{D \cdot (s - c)}} = 0.91 \cdot \left[\frac{300}{\sqrt{2000 \cdot (16 - 2)}} \right] = 1.63$$

Общее осевое мембранное напряжение изгиба, действующее в области опорного узла

$$\sigma_{mx} := \frac{4 \cdot M_1}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)} = \frac{4 \cdot 5.32e7}{\left[\pi \cdot 2000^2 \cdot (16 - 2) \right]} = 1.21 \text{ МПа}$$

Условие прочности

$$F_1 \leq \min(F_{d2}, F_{d3})$$

где F_{d2} - допускаемое опорное усилие от нагружения в осевом направлении

F_{d3} - допускаемое опорное усилие от нагружения в окружном направлении

$\sigma_{i2} \sigma_{i3}$ - предельные напряжения изгиба

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

K_{10} - коэффициент, учитывающий влияние ширины пояса опоры

K_{12} K_{14} - коэффициенты, учитывающие влияние угла охвата

K_{16} - коэффициент, учитывающий влияние расстояния до днища

K_{17} - коэффициент, учитывающий влияние

$$K_2 := \begin{cases} 1.2 & \text{if } o = 1 \\ 1.0 & \text{if } o = 2 \end{cases}$$

$$K_2 = 1.2$$

$$K_{13} := \frac{\max\left(1.7 - \frac{2.1 \cdot 2.0944}{\pi}, 0\right)}{\sin(0.5 \cdot 2.0944)} = 0.346$$

$$K_{11} := \frac{1 - e^{-\beta_1} \cdot \cos(\beta_1)}{\beta_1} = \frac{(1 - 2300^{-1.63} \cdot \cos(1.63))}{1.63} = 0.613$$

$$K_{15} := \min\left(1, \frac{0.8 \cdot \sqrt{y} + 6 \cdot y}{2.0944}\right) = \min\left[1, \frac{(0.8 \cdot \sqrt{143.0} + 6 \cdot 143.0)}{2.0944}\right] = 1.0$$

$$K_{12} := \frac{1.15 - 0.1432 \cdot 2.0944}{\sin(0.5 \cdot 2.0944)} = 0.982$$

$$K_{14} := \frac{1.45 - 0.43 \cdot 2.0944}{\sin(0.5 \cdot 2.0944)} = 0.634$$

$$K_{10} := \max\left(\frac{e^{-\beta_1} \cdot \sin(\beta_1)}{\beta_1}, 0.25\right) = \max\left(\frac{2300^{-1.63} \cdot \sin(1.63)}{1.63}, 0.25\right) = 0.25$$

$$K_{16} := 1 - \frac{0.65}{1 + (6 \cdot y)^2} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{3 \cdot 2.0944}} = 1 - \frac{0.65}{[1 + (6 \cdot 143.0)^2]} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{(3 \cdot 2.0944)}} = 1.0$$

$$K_{17} := \frac{1}{1 + 0.6 \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{s - c}} \cdot \frac{b}{D} \cdot 2.0944} = \frac{1}{\left[1 + 0.6 \cdot \sqrt[3]{\frac{2000}{(16 - 2)}} \cdot \left(\frac{300}{2000}\right) \cdot 2.0944\right]} = 0.504$$

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$\nu_{21} := \frac{0.23 \cdot K_{13} \cdot K_{15}}{K_{12} \cdot K_{10}} = \frac{0.23 \cdot 0.346 \cdot 1.0}{(0.982 \cdot 0.25)} = 0.324$$

$$\nu_{31} := -1 \cdot \frac{0.53 \cdot K_{11}}{K_{14} \cdot K_{16} \cdot K_{17} \cdot \sin(0.5 \cdot \delta_1)} = (-1) \cdot \left[\frac{0.53 \cdot 0.613}{(0.634 \cdot 1.0 \cdot 0.504 \cdot \sin(0.5 \cdot 120))} \right] = 3.336$$

$$\nu_{221} := \sigma_{mx} \cdot \frac{K_2}{n_y \cdot \sigma_d} = 1.21 \cdot \left[\frac{1.2}{(2.4 \cdot 150)} \right] = 0.00403$$

$$\nu_{321} := 0$$

$$\nu_{222} := \left[\frac{p \cdot D}{4 \cdot (s - c)} - \sigma_{mx} \right] \cdot \frac{K_2}{n_y \cdot \sigma_d} = \left[\frac{1 \cdot 2000}{[4 \cdot (16 - 2)]} - 1.21 \right] \cdot \left[\frac{1.2}{(2.4 \cdot 150)} \right] = 0.115$$

$$\nu_{322} := \frac{p \cdot D}{2 \cdot (s - c)} \cdot \frac{K_2}{n_y \cdot \sigma_d} = \frac{1 \cdot 2000}{[2 \cdot (16 - 2)]} \cdot \left[\frac{1.2}{(2.4 \cdot 150)} \right] = 0.238$$

Принимают ν_{221} ν_{222} ν_{321} ν_{322} соответственно, дающие наименьшее предельное напряжение изгиба

$$K_{2.1} := \left(\frac{1 + 3 \cdot \nu_{21} \cdot \nu_{221}}{3 \cdot \nu_{21}^2} \right) \cdot \left[\sqrt{\frac{9 \cdot \nu_{21}^2 \cdot (1 - \nu_{221}^2)}{(1 + 3 \cdot \nu_{21} \cdot \nu_{221})^2} + 1} - 1 \right]$$

$$K_{2.1} = \frac{(1 + 3 \cdot 0.324 \cdot 0.00403)}{(3 \cdot 0.324^2)} \cdot \left[\sqrt{\frac{9 \cdot 0.324^2 \cdot (1 - 0.00403^2)}{(1 + 3 \cdot 0.324 \cdot 0.00403)^2} + 1} - 1 \right]$$

$$K_{2.1} = 1.25$$

$$\sigma_{i2.1} := K_{2.1} \cdot \sigma_d \cdot \frac{n_y}{K_2} = 1.25 \cdot 150 \cdot \left(\frac{2.4}{1.2} \right) = 375.0 \text{ МПа}$$

$$K_{2.2} := \left(\frac{1 + 3 \cdot \nu_{21} \cdot \nu_{222}}{3 \cdot \nu_{21}^2} \right) \cdot \left[\sqrt{\frac{9 \cdot \nu_{21}^2 \cdot (1 - \nu_{222}^2)}{(1 + 3 \cdot \nu_{21} \cdot \nu_{222})^2} + 1} - 1 \right]$$

$$K_{2.2} = \frac{(1 + 3 \cdot 0.324 \cdot 0.115)}{(3 \cdot 0.324^2)} \cdot \left[\sqrt{\frac{9 \cdot 0.324^2 \cdot (1 - 0.115^2)}{(1 + 3 \cdot 0.324 \cdot 0.115)^2}} + 1 - 1 \right]$$

$$K_{2.2} \rightarrow 1.15$$

$$\sigma_{i2.2} := K_{2.2} \cdot \sigma_d \cdot \frac{n_y}{K_2} = 1.15 \cdot 150 \cdot \left(\frac{2.4}{1.2} \right) = 345.0 \text{ МПа} \text{ принимаем в расчетах}$$

$$K_{3.1} := \left(\frac{1 + 3 \cdot v_{31} \cdot v_{321}}{3 \cdot v_{31}^2} \right) \cdot \left[\sqrt{\frac{9 \cdot v_{31}^2 \cdot (1 - v_{321}^2)}{(1 + 3 \cdot v_{31} \cdot v_{321})^2}} + 1 - 1 \right]$$

$$K_{3.1} = \frac{(1 + 3 \cdot 3.336 \cdot 0)}{(3 \cdot 3.336^2)} \cdot \left[\sqrt{\frac{9 \cdot 3.336^2 \cdot (1 - 0^2)}{(1 + 3 \cdot 3.336 \cdot 0.324)^2}} + 1 - 1 \right]$$

$$K_{3.1} = 0.047$$

$$\sigma_{i3.1} := K_{3.1} \cdot \sigma_d \cdot \frac{n_y}{K_2} = 0.0468 \cdot 150 \cdot \left(\frac{2.4}{1.2} \right) = 14.0 \text{ МПа} \text{ принимаем в расчетах}$$

$$K_{3.2} := \left(\frac{1 + 3 \cdot v_{31} \cdot v_{322}}{3 \cdot v_{31}^2} \right) \cdot \left[\sqrt{\frac{9 \cdot v_{31}^2 \cdot (1 - v_{322}^2)}{(1 + 3 \cdot v_{31} \cdot v_{322})^2}} + 1 - 1 \right]$$

$$K_{3.2} = \frac{(1 + 3 \cdot 3.336 \cdot 0.238)}{(3 \cdot 3.336^2)} \cdot \left[\sqrt{\frac{9 \cdot 3.336^2 \cdot (1 - 0.238^2)}{(1 + 3 \cdot 3.336 \cdot 0.238)^2}} + 1 - 1 \right]$$

$$K_{3.2} = 0.21$$

$$\sigma_{i3.2} := K_{3.2} \cdot \sigma_d \cdot \frac{n_y}{K_2} = 0.207 \cdot 150 \cdot \left(\frac{2.4}{1.2} \right) = 62.1 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{i3.1} := \sigma_{i3.2}$$

Тогда допускаемые опорные усилия будут равны:

$$F_{d2} := \frac{0.7 \cdot \sigma_{i2.2} \cdot \sqrt{D \cdot (s - c)} \cdot (s - c)}{K_{10} \cdot K_{12}} = \frac{0.7 \cdot 345.0 \cdot \sqrt{2000 \cdot (16 - 2)} \cdot (16 - 2)}{(0.25 \cdot 0.982)} = 2.3e6 \text{ Н}$$

$$F_{d3} := \frac{0.9 \cdot \sigma_{i3.1} \cdot \sqrt{D \cdot (s - c)} \cdot (s - c)}{K_{14} \cdot K_{16} \cdot K_{17}} = \frac{0.9 \cdot 62.1 \cdot \sqrt{2000 \cdot (16 - 2)} \cdot (16 - 2)}{(0.634 \cdot 1.0 \cdot 0.504)} = 409752.0 \text{ Н}$$

Проверка условия прочности

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Проверка_усл_прочности := $\begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } F_1 \leq \min(F_{d2}, F_{d3}) \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Проверка_усл_прочности = "Условие прочности выполняется"

$$F_1 = 1.016 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$\min(F_{d2}, F_{d3}) = 4.098 \times 10^5 \text{ Н}$$

Проверка условия устойчивости:

$$\frac{M_1}{M_d} + \frac{F_e}{F_d} + \left(\frac{Q}{Q_d} \right)^2 \leq 1$$

где F_e - эффективное осевое усилие от местных мембранных напряжений, действующих в области опоры

$$F_e := F_1 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{D}{(s-c)}} \cdot K_{13} \cdot K_{15} = 101577.0 \cdot \left(\frac{\pi}{4} \right) \cdot \sqrt{\frac{2000}{(16-2)}} \cdot 0.346 \cdot 1.0 = 329922.0 \text{ Н}$$

Допускаемое поперечное усилие:

$$Q_d := \begin{cases} Q_{dp} \leftarrow 0.25 \cdot \sigma_d \cdot \pi \cdot D \cdot (s-c) \\ Q_{de} \leftarrow \frac{2.4 \cdot E \cdot (s-c)^2}{n_y} \cdot \left[0.18 + 3.3 \cdot \frac{D \cdot (s-c)}{L^2} \right] \\ Q_d \leftarrow \frac{Q_{dp}}{\sqrt{1 + \left(\frac{Q_{dp}}{Q_{de}} \right)^2}} \end{cases}$$

$$Q_d = 2.967 \times 10^6 \text{ МПа}$$

Тогда условие устойчивости

$$\frac{M_1}{M_d} + \frac{F_e}{F_{d3}} + \left(\frac{Q_1}{Q_d} \right)^2 = \frac{5.32e7}{(6.387 \cdot 10^9)} + \frac{329922.0}{409752.0} + \left[\frac{54297.0}{(2.967 \cdot 10^6)} \right]^2 = 0.814$$

Условие устойчивости выполняется, так как $0.814 < 1$

Вывод: в ходе данного расчета был проведен расчет несущей способности обечайки, была подобрана стандартная опора. Был проведен расчет на прочность и устойчивость, условия выполняются.

3.6 Расчет строповых устройств

Расчет ведем согласно [20]

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Целью расчета является расчет и подбор стропового устройства, необходимого для установки данного аппарата, а так же для его транспортировки.

Для монтажа выбираем пару витых строп, состоящих из двух ветвей. Тогда нагрузка на один строп будет равна:

$$P := \frac{G_1}{2} = \frac{46354}{2} = 23177.0 \text{ Н}$$

- количество ветвей стропа $m_1 := 2$

- число канатных витков в сечении одной ветви стропа $n := 20$

$$S_1 := \frac{P}{m_1 \cdot n \cdot \cos(30)} = \frac{23177.0}{(2 \cdot 20 \cdot \cos(30))} = 3756.0$$

$k_3 := 5$ - коэффициент запаса прочности такелажных средств

Разрывное усилие:

$$R_k := S_1 \cdot k_3 = 3756.0 \cdot 5 = 18780.0 \text{ Н}$$

Подбираем согласно разрывному усилию канат:

Маркировочная группа 1960 МПа

Канат типа ЛК-3 6х36(1+6;6+12)+7.7(1+6) о.с [20]

$$d_{\text{кан}} := 23.5 \text{ мм}$$

- диаметр каната

$$m_{\text{кан}} := 2275 \text{ кг}$$

- масса 1000 м каната

Расчетный диаметр поперечного сечения витков

$$d_c := 5 \cdot d_{\text{кан}} = 5 \cdot 23.5 = 117.0 \text{ мм}$$

Минимальный диаметр захватного устройства:

$$k_c := 4$$

$$D_3 := k_c \cdot d_c = 4 \cdot 117.0 = 468.0 \text{ мм}$$

Тогда длина каната:

$$l_{\text{кан}} := 2100 \text{ мм}$$

$$t_{\text{кан}} := 30 \cdot d_{\text{кан}} = 30 \cdot 23.5 = 705.0$$

$$L_{\text{кан}} := 2.2 \cdot l_{\text{кан}} \cdot n + 2 \cdot t_{\text{кан}} = 2.2 \cdot 2100 \cdot 20 + 2 \cdot 705.0 = 93809.0 \text{ мм}$$

$$L_{\text{кан}} := 94 \text{ м}$$

Вывод: в результате расчетов был выбран канат типа ЛК-3 6х36(1+6;6+12)+7.7(1+6) о.с

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

Были проведены технологический, конструктивный и механический расчет аппарата. В ходе технологического расчета были определены основные геометрические параметры аппарата. В ходе конструктивного расчета были определены диаметры патрубков. Диаметр патрубка для входа смеси равен 200 мм, диаметр патрубка выхода воды приняли 50 мм, патрубки выхода нефти и выхода газа по 150 мм. Так же в конструкции проектируемого аппарата предусмотрен люк-лаз, диаметром 450 мм. В механическом расчете был произведен расчет толщин стенок, согласно которому толщина стенки эллиптической крышки равна толщине стенки цилиндрической обечайки и равна 7 мм. Был произведен расчет необходимости укрепления отверстий, необходимо укрепление отверстий в крышке аппарата, в том случае, если оно превышает 56 мм, и в обечайке, если превышает 40 мм. Укрепление отверстий проводили накладным кольцом. Был проведен расчет фланцевого соединения, были выбраны плоские фланцы, с уплотнительной поверхностью типа выступ-впадина. Рассчитаны основные параметры фланцев, проведена проверка на прочность. Расчетное значение напряжения в болтах при затяжке 92 МПа, в рабочих условиях 93 МПа, тогда как допускаемое значение напряжения равны 194.5 МПа, условие выполняется ($92 < 194.5$ МПа и $93 < 230$ МПа). Была проведена проверка условия прочности прокладки. Допускаемое удельное давление на прокладку составляет 130 МПа, в то время как расчетное 37 МПа. Проверили фланцы на статическую прочность (при затяжке $122 < 254.8$; в рабочих условиях $122.8 < 252.85$), углы поворота фланцев. Расчетное значение угла поворота фланца 0.0018° , допускаемое значение равно 0.013° . Так же был проведен расчет несущей способности обечайки от воздействия опорных нагрузок и подбор стандартных опор. Допускаемое опорное усилие составляет 409.7 кН, расчетное значение всего 101.5 кН. Проведена проверка условия устойчивости от действия изгибающего момента над опорой, поперечного усилия и усилия от местных мембранных напряжений, действующих в области опоры. Условие устойчивости выполняется так как $0.814 < 1$

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4к41	Пономареву Денису Игоревичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Н.М.Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	«Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии »

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости в Томской области. Оклады в соответствии с окладами сотрудников ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30% премии 20% надбавки 14% накладные расходы 30% районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления 27.1%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений; Swot-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование работ и графика разработки проекта: - структура работ; - определение трудоемкости выполнения работ; - формирование бюджета затрат на научное исследование; - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсной эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Матрица SWOT
3. Расчет бюджета затрат НИИ
4. Календарный план-график проведения НИИ
5. Оценка ресурсной эффективности НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М. В.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4к41	Пономарев Денис Игоревич		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Анализ конкурентных технических решений.

Целью данного раздела является разработка концевой сепаратора. Применяются на нефтяных месторождениях для очистки попутного нефтяного газа от различных частиц. Аппарат активно используется на газораспределительных станциях, а так же применяется в установках подготовки нефти и газа.

Конечным потребителем является “ОАО Томскнефть” , расположенный в городе Стрежевой, томская Область.

Конкурентом для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения был выбран концевой сепаратор, используемый в “ПАО Татнефть”, для подготовки нефти и газа.

Критерии для сравнения и оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации:

- надежность работы – свойство аппарата сохранять во времени свои основные параметры;
- габаритные размеры – предельные размеры аппарата;
- механическая прочность – свойство материала, из которого изготовлен аппарат, сохранять свои свойства при действии различных нагрузок;
- простота обслуживания – простота обслуживания данного аппарата, в том числе простая процедура запуска и остановки, чистки аппарата, взаимозаменяемость деталей;
- пожаробезопасность - наличие системы пожаротушения аппарата;
- срок эксплуатации – продолжительность работы аппарата с учетом перерывов на ремонт, но без полного выхода из строя.
- затраты на обслуживание – затраты на содержание аппарата в функциональном состоянии.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая представлена в табл.1

					ФЮРА.751774.000.РПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Финансовый менеджмент			Лит.	Лист	Листов	
Студент.	Пономарев										
Руковод.	Тихонов В.В									50	
Конс.											
Н. Контр.											
Руков. ООП.											

Таблица 1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Балы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _к	К _ф	К _к
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Надежность работы	0.13	4	4	0.52	0.52
Габаритные размеры	0.12	5	4	0.6	0.48
Механическая прочность	0.13	5	5	0.65	0.65
Простота изготовления	0.11	4	4	0.44	0.44
Простота обслуживания	0.09	4	5	0.36	0.45
Цена	0.06	5	3	0.3	0.18
Финансирование разработки	0.05	4	5	0.2	0.25
Пожаробезопасность	0.13	5	4	0.65	0.52
Срок эксплуатации	0.1	4	4	0.4	0.4
Затраты на обслуживание	0.08	4	4	0.32	0.32
Итого	1			4.44	4.21

Таким образом, мы видим, что конкурентоспособность нашей разработки составила 4.44, в то время как другого аналога 4.21. Результат показывает, что данная разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества в следующих показателях: габаритные размеры, цена, и пожаробезопасность.

4.2 SWOT-анализ

Целью данного раздела является определение сильных и слабых сторон проекта, которые рассматриваются как внутренние и внешние факторы, каковыми являются угрозы и рыночные возможности, для получения представления основных направлений развития.

Результаты анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2. Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: Наличие квалифицированного персонала; Высокоэкологичное производство; Высокий уровень качества продукции; Сокращение энергозатрат;	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Несовременное оборудование; Узкий ассортимент выпускаемой продукции; Жесткие условия труда для персонала;
Возможности: Использование	Дальнейшее сокращение энергозатрат, за счет	Увеличение ассортимента выпускаемой продукции за

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

инновационных технологий; Наблюдается тенденция к улучшению качества продукции; Стабильные поставки; Высокая заработная плата специалистов; Постоянный спрос на рынке; Спрос на выпускаемую продукцию высок, и наблюдается тенденция к увеличению; Открытие новых месторождений; Продвижение компании на внешнем рынке;	использования инновационных энергосберегающих технологий; Увеличение спроса на выпускаемую продукцию в связи с высоким качеством продукции;	счет открытия новых месторождений; Модернизация оборудования с целью увеличения количества выпускаемой продукции, т.к спрос на продукцию растет.
Угрозы: Снижение цен на выпускаемую продукцию; Высокая цена на выпускаемую продукцию; Рост издержек в связи с резким повышением тарифов поставщиков транспортных услуг; Рост конкуренции и, как следствие ограничение доступа к наиболее перспективным месторождениям; Низкая степень обеспеченности запасами; Ухудшение климата;	Поддержание постоянного уровня цен на выпускаемую продукцию в связи с высоким качеством продукции; Поддержание конкурентоспособности путем использования высокоэкологичного оборудования и поддержания высокого уровня выпускаемой продукции.	Выбор оптимального поставщика и заключение с ним договорных отношений. Повышение обеспеченности запасами в связи с увеличением ассортимента выпускаемой продукции.

В ходе проведенного анализа можно увидеть, что у проекта много сильных сторон, следовательно, у проекта есть преимущества, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Они могут быть использованы для достижения поставленных целей. Так же имеются и слабые стороны, в которых проект располагает недостаточными ресурсами по сравнению с конкурентами, необходимо их развивать.

4.3 Планирование работ.

4.3.1 Структура работ

Планирование комплекса предполагаемых работ производится в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научного проекта.
-

В данном разделе был составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ приведен в табл.3

Таблица 3. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследования	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель темы
Теоретические и материальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Технологический расчет	Инженер
	7	Конструктивный расчет	Инженер
	8	Механический расчет	Инженер
	9	Выбор стропового устройства	Инженер
	10	Гидравлический расчет	Инженер
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель темы
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	12	Построение сборочного чертежа оборудования	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Ожидаемое (среднего) значение трудоемкости определяется по формуле:

$$t_{ож,i} = \frac{3 \cdot t_{min,i} + 2 \cdot t_{max,i}}{5}$$

где $t_{ож,i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы, чел.-дн.;

$t_{min,i}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы, чел.-дн.

$t_{max,i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%

$$T_{p,i} = \frac{t_{ож,i}}{Ч_i}$$

где $T_{p,i}$ – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни по формуле:

$$T_{к,i} = T_{p,i} \cdot k_{кал}$$

где $T_{к,i}$ - продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;

$T_{p,i}$ - продолжительность выполнения i -ой работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где $T_{кал}$ - количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ - количество праздничных дней в году;

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 118 - 14} = 1.56$$

Рассчитанные значения необходимо округлить до целого числа

Все рассчитанные значения представлены в табл.4

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		













Таблица 4. Временные показатели проведения
научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Испол- нители		Длительность ь работ в рабочих днях, Т _{р,i}		Длительность ь работ в календарных днях, Т _{к,i}	
	$t_{min,i}$, чел-дни		$t_{max,i}$, чел-дни		$t_{ож,i}$, чел-дни							
	Инженерр	Руководит.	Инженерр	Руководит.	Инженерр	Руководит.	Инженерр	Руководит.	Инженерр	Руководит.	Инженерр	Руководит.
Составление и утверждение технического задания	-	2	-	4	-	3	-	1	-	3	-	5
Подбор и изучение материалов по теме	5	-	10	-	7	-	1	-	7	-	11	-
Выбор направления исследования	2	-	3	-	3	-	1	-	3	-	5	-
Календарное планирование работ по теме	-	2	-	4	-	3	-	1	-	3	-	5
Проведение теоретических расчетов и обоснований	7	-	10	-	9	-	1	-	9	-	15	-
Технологический расчет	6	-	11	-	8	-	1	-	8	-	13	-
Конструктивный расчет	6	-	11	-	8	-	1	-	8	-	13	-
Механический расчет	6	-	11	-	8	-	1	-	8	-	13	-
Выбор стропового устройства	2	-	3	-	3	-	1	-	2	-	4	-
Гидравлический расчет	3	-	5	-	4	-	1	-	2	-	4	-
Построение сборочного чертежа оборудования	10	-	12	-	11	-	1	-	11	-	18	-
Составление пояснительной	5	-	8	-	7	-	1	-	7	-	11	-

записки (эксплуатационно -технической документации)												
Оценка эффективности полученных результатов	-	2	-	2	-	2	-	1	-	2	-	4

На основе данной таблицы построим календарный план-график в виде таблицы. График строится с разбивкой по месяцам, и каждый месяц разделяется по декадам. Полученный график приведен в таблице 5.

Таблица 5. Календарный план-график проведения работ по теме

№ рабо т	Вид работ	Исполнители	Т _{к,i}	Продолжительность выполнения работ																	
				февр		март			апрел			май			июнь			июль			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	5																		
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11																		
3	Выбор направления исследования	Инженер	5																		
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	5																		
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	15																		
6	Технологический расчет	Инженер	13																		
7	Конструктивный расчет	Инженер	13																		
8	Механический расчет	Инженер	13																		
9	Выбор стропового устройства	Инженер	4																		
10	Гидравлический расчет	Инженер	4																		
11	Построение сборочного чертежа оборудования	Инженер	18																		
12	Составление пояснительной записки	Инженер	11																		

	(эксплуатационно-технической документации)																		
13	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	4																

Итого длительность всех работ в календарных днях инженера составляет 112 дней, а руководителя всего 14 дней

4.4 Бюджет научно исследовательского исследования.

В процессе формирования бюджета проекта используются группы затрат:

- материальные затраты;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

4.4.1 Расчет материальных затрат.

Данная группа включает в себя стоимость всех материалов, которые используются при разработке проекта.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки представлены в таблице 6.

Таблица 6. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы Z_m , руб.
деэмульгатор	тонна	1	35000	42000
обтирочный материал	кг	30	4.10	147.6
манометр	шт	3	925	3330
спецодежка	комплект	6	11500	82800
энергия	кВт	1641.3	5.8	9521.3
Итого				137798.9

Так же для работы необходим насос. Необходимый для работы аппарата насос Boosta 32-5 30-F-055-EQBE , с мощностью 5.5 кВт, уже имелся на складе. Затраты на электроэнергию будут равны: 12 дней работал аппарат (288 часов), норма составляет 5.8 руб за кВт, тогда получаем

$$E = (5.7 \cdot 288) \cdot 5.8 = 9521.3 \text{ руб}$$

Материальные затраты представляют собой необходимый для работы аппарата расходный материал, в виде деэмульгатора и обтирочного материала, спецодежды работников, а так же оборудование для контроля технологического процесса.

4.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В данную статью включается основная заработная плата инженерно-технических работников, рабочих мастерских, операторов и других лиц, непосредственно участвующих в проведении работ по данной теме. В состав основной заработной платы включаются премии, которые составляют 20-30% от тарифа или оклада.

Для расчета заработной платы необходимо составить баланс рабочего времени. Баланс представлен в таблице 7.

Таблица 7. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные и праздники)	73	132
Потери рабочего времени (отпуск и больничный)	48	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	210

Заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20% от основной).

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Т_p$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника;

$Т_p$ – продолжительность работ, выполняемых работником.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}}$$

где $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течении года:

при отпуске в 24 рабочих дня $М=11.2$ месяца

$З_{\text{м}}$ – месячный оклад работника.

Месячный годовой оклад руководителя:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{ок}} \cdot k_{\text{р}} = 33664 \cdot 1.3 = 43763,2 \text{ руб.}$$

Месячный годовой оклад инженера:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{ок}} \cdot k_{\text{р}} = 9489 \cdot 1.3 = 12335,7 \text{ руб.}$$

где $З_{\text{ок}}$ – заработная плата по окладу;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1.3 (для гор. Томска).

Среднедневная заработная плата руководителя:

$$З_{\text{дн}} = \frac{43763,2 \cdot 11,2}{245} = 2000,6 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата инженера:

$$З_{\text{дн}} = \frac{12335,7 \cdot 11,2}{210} = 657,9 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководителя:

$$З_{\text{осн}} = 2000,6 \cdot 8 = 16004,8 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата инженера:

$$З_{\text{осн}} = 657,9 \cdot 65 = 42763,5 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 8.

Таблица 8. Расчет основной заработной платы

Исполнители	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб	$З_{\text{дн}}$, руб	$T_{\text{р}}$	$З_{\text{осн}}$, руб
Руководитель	1.3	43763.2	2000.6	8	16004.8
Инженер	1.3	12335.7	657.9	65	42763.5
Итого					58768.3

Основная заработная плата исполнителей, согласно вышеизложенным расчетам, составила 58768.3 рублей

4.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Данные затраты учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а так же выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Дополнительная заработная плата руководителя:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0.14 \cdot 16004.8 = 2240.67 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата инженера:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0.14 \cdot 42763.5 = 5986.89 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, равный 0.14

4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений определяется по формуле:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 9.

Таблица 9. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Инженер	42763.50	5986.89
Руководитель	16004.80	2240.67
Коэффициент отчислений	0.271	
Итого		
Инженер	13211.36	
Руководитель	4944.52	

4.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии и тд.

Накладные расходы определяются по формуле:

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма всех статей}) \cdot k_{\text{нр}}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, равный 0.16.

4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта.

Определение бюджета затрат на проект приведен в табл. 10

Таблица 10. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты	137798.90	53.28
2. Затраты по основной заработной плате	58768.30	22.72
3. Затраты по дополнительной заработной плате	8227.56	3.18
4. Отчисления во внебюджетные фонды	18155.88	7.02
5. Накладные расходы	35672.10	13.80
6. Бюджет затрат НТИ	258622.74	100

В результате проведения расчетов была составлена таблица, где наглядно представлено, что сумма бюджета на затраты научно-исследовательского проекта составила 258622.74 рубля, причем наибольшие затраты приходятся на материальные затраты и затраты на основную заработную плату исполнителям темы.

4.5.Определение ресурсной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель эффективности;

a_i – весовой коэффициент варианта исполнения;

b_i – балльная оценка варианта исполнения разработки.

Расчет интегрального показателя представлен в табл. 11.

Таблица 11. Сравнительная оценка характеристик
варианта исполнения

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исполнение 1	Исполнение 2
1. Габаритные размеры	0.1	5	4
2. Технические характеристики	0.25	5	5
3. Надежность работы	0.13	4	5
4. Материалоемкость	0.1	4	3
5. Ремонтопригодность	0.15	4	4
6. Пожаробезопасность	0.17	4	4
7. Простота обслуживания	0.1	5	4
Итого	1	4.42	4.14

$$I_{pi,исп1} = 5 \cdot 0.1 + 5 \cdot 0.25 + 4 \cdot 0.13 + 4 \cdot 0.1 + 4 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.17 + 5 \cdot 0.1 = 4.45$$

$$I_{pi,исп2} = 4 \cdot 0.1 + 5 \cdot 0.25 + 5 \cdot 0.13 + 3 \cdot 0.1 + 4 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.17 + 4 \cdot 0.1 = 4.15$$

Интегральный показатель эффективности разработки:

$$I = \frac{258622.74}{350000} = 0.73$$

Примерная стоимость разработки конкурента составляет 350000, так как на конкурентном предприятии используется более мощный насос, больше средств уходит на материальные затраты. Так же “Татнефть” использует более совершенные технологии в производстве, обслуживание которых дороже чем обслуживание разрабатываемого в данном проекте аппарата.

Выводы по главе

В рамках данного раздела была проведена оценка конкурентоспособности спроектированного концевого сепаратора, значение показателя аппарата является наибольшим по сравнению с аналогом и составляет 4.44. Так же по результатам расчетов было рассчитано, что длительность работ в календарных днях для инженера составила 62 дня, а для руководителя 8 дней. Сумма бюджета на затраты НТИ составила 258622.74 рубля. С точки зрения ресурсной эффективности был выбран наиболее подходящий вариант, так как именно у него наиболее высокий интегральный показатель ресурсоэффективности, и равен он 4.45.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4к41	Пономареву Денису Игоревичу

Школа	ИШНПТ	Отделение	Н.М.Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	«Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии »

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является разработка концевого сепаратора. Применяется для очистки нефти от попутного нефтяного газа после всех ступеней сепарации, с целью подготовки нефти и газа к дальнейшей транспортировке.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – опасность поражения электрическим током (источники, средства защиты) 	1.1 К вредным факторам относятся: <ul style="list-style-type: none"> - утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу при поступлении смеси в аппарат; - повышенная загазованность рабочей зоны; Все вышеперечисленные факторы оказывают негативное влияние на здоровье работников, и могут быть причиной возникновения заболеваний. ПДС вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит контролю для предупреждения возможности превышения предельно допустимых концентраций. ПДК приведены в приложении 2. ГОСТ 12.1.005. <p>С целью предотвращения вредного действия на здоровье работников необходимо использовать спецодежду, противогаз и другие средства индивидуальной защиты, а так же соблюдать регламентацию времени работы и отдыха</p> 1.2 К опасным факторам относятся: <ul style="list-style-type: none"> - травмоопасность; - пожаровзрывоопасность; - расположение рабочего места на

	<p>высоте.</p> <p>Данные факторы могут причинить вред здоровью работников. С целью предотвращения негативного действия необходимо соблюдать технику безопасности. На рабочем месте должны быть предусмотрены первичные средства пожаротушения. Работы должны производиться инструментом, исключающим искрообразование.</p> <p>Мероприятия по защите от вредных и опасных факторов согласно нормативным документам:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ГОСТ 12.1.004-91; - ГОСТ 12.1.003-83; - ГОСТ 12.1.007-76; - ГОСТ 12.1.005-88.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<ul style="list-style-type: none"> - загрязнение почвы нефтепродуктами; - выбросы вредных и токсичных веществ в атмосферу при продувке аппарата <p>Для исключения действия данных факторов необходимо применять природоохранные мероприятия, а именно: отправлять отходы на полигон или переработку по договору со специализированными организациями; строительство газокompрессорной станции.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Наиболее типичная ЧС при эксплуатации проектируемого аппарата – это взрывопожароопасность. Важнейшими мероприятиями по предупреждению данной ЧС являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> - создание условий, обеспечивающих пожарную безопасность при работе; - надежная герметизация оборудования; - своевременное удаление подтеков с помощью обтирочных материалов(ветоши); - запрещение курения и разведения огня вблизи аппарата.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; 	<ul style="list-style-type: none"> - Конституция Российской Федерации; - Закон Российской Федерации; - «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности »

– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Компоновка рабочей зоны проводилась согласно следующим документам: - ГОСТ 12.2.029-80; - ГОСТ 12.2.032-78; - ГОСТ 12.2.033-78
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Штейнле А.В	к.м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4к41	Пономарев Денис Игоревич		

5. Социальная ответственность при выполнении работ

5.1 Производственная безопасность

Выполнение данного вида работ сопровождается следующими опасными и вредными факторами, приведенными в таблице 12.

Таблица 12. Основные элементы процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
1. Сливоналивные операции в резервуаре; 2. Работы в аппарате;	1. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу при поступлении смеси в аппарат; 2. Повышенная загазованность рабочей зоны;	Травмоопасность 2. Взрывопожароопасность;	ГОСТ 12.1.038-82 ГОСТ 12.1.005-88 ГОСТ 12.1.004-91 ГОСТ 12.1.007-76 ГОСТ 12.1.008-76 СанПиН 2.2.4.548-96

5.1.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мер по их устранению

Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу

Главным источником формирования данного фактора является разгерметизация аппарата либо трубопровода при выполнении сливоналивных операций, что может привести к отравлению парами. Воздействие на организм человека и нормы ПДК приведены в таблице 13.

					ФЮРА.751774.000.РПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Студент.	Пономарев				Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Тихонов В.В						66	
Конс.								
Н. Контр.								
Руков. ООП.								

Таблица 13. Свойства сырья и готовой продукции

Наименование сырья, готовой продукции	Воздействие на организм человека	Предельно допустимая концентрация веществ в воздухе рабочей зоны, мм/м ³ (ГОСТ 12.1.005-88)
Нефть	Пары обладают наркотическим действием; вызывают отравление; при контакте с кожей возможна пигментация.	В процессе перекачки нефти – 10; В процессе хранения нефти - 300
Нефтяной газ	Оказывает воздействие, напоминающее опьянение.	300
Дезэмульгатор	Вызывает отравление	40

Для предотвращения действия данного фактора на организм человека применяются различные технические и организационные меры:

- Работники должны быть обеспечены костюмом, сапогами, перчатками;
- Рабочее место должно быть обеспечено противогазом.

Повышенная загазованность рабочей зоны.

Главным источником формирования данного фактора служит скопление вредных веществ, при осмотре, чисткой или ремонтом оборудования. Что может привести к отравлению парами углеводородов или же к ожогам при возгорании смеси.

До начала проведения работ аппарат должен быть подготовлен к ремонту, освобожден от продукта и отключен от магистрали.

Перед началом ремонта ответственное за производство работ лицо должно провести анализ воздуха в аппарате соответствующими приборами и убедиться, что содержание токсичных веществ не превышает допустимых величин.

Перед спуском в аппарат рабочий должен пройти инструктаж, проверить в присутствии руководителя работ рабочую одежду.

Продолжительность пребывания рабочего в аппарате устанавливается инструкцией в зависимости от условий выполняемых работ.

5.1.3. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Травмоопасность

Проектируемый аппарат должен соответствовать требованиям безопасности. При подготовке к пуску и эксплуатации оператор должен соблюдать последовательность операций, которая указана в технологической инструкции. В случае, если обнаружена неполадка в работе аппарата, необходимо перейти на резервный, до устранения неисправности. Территория вблизи аппарата должна находиться в чистоте, в зимнее время своевременно очищаться от снега.

Дополнениями к оборудованию являются защитные устройства, такие как ограждения, блокировочные устройства и другие.

Взрывопожароопасность

Главным источником формирования данного фактора является возможность появления заряда статического электричества из-за трения слоев нефти друг о друга или о стенку аппарата. Величина этого заряда в некоторых случаях достаточна для возникновения электрического заряда, который в свою очередь может служить источником зажигания и, как следствие, возникновению пожара.

Для устранения опасности разрядов статического электричества необходимо соблюдать следующие меры:

- Заземлять аппарат, трубопроводы;
- Снижать интенсивность генерации зарядов путем уменьшения скорости налива.

Осмотр и ремонт заземляющих устройств должны проводиться в одно время с осмотром и текущим ремонтом оборудования. Измерения электрических сопротивлений заземляющих устройств должны проводиться не реже одного раза в год.

5.2 Экологическая безопасность

Таблица 14. Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия

Природные ресурсы окружающей среды	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Земля и земельные ресурсы	Загрязнение почвы нефтепродуктами	Отправление отходов на полигон
Вода и водные ресурсы	-	-
Воздушный бассейн	Выбросы вредных и токсичных веществ в атмосферу при продувке аппарата	Строительство газокompрессорной станции.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее типичная чрезвычайная ситуация при эксплуатации проектируемого аппарата – это взрывопожароопасность. Источниками пожаров и взрывов могут быть:

- Наличие легковоспламеняющейся жидкости или взрывопожароопасных паров;
- Разгерметизация аппарата или трубопровода;
- Возможность появления заряда статического электричества;
- Наличие нагретой поверхности аппарата.

Для контроля возникновения пожара устанавливают пожарные извещатели и оповещатели.

Главной задачей при возникновении пожара является его локализация. Небольшие возгорания и пожары в начальной стадии могут быть ликвидированы обслуживающим персоналом доступными средствами пожаротушения. Проектом предусмотрены следующие виды пожаротушения: порошком, водой или пеной.

Важнейшими мероприятиями по предупреждению данной ЧС являются:

- создание условий, обеспечивающих пожарную безопасность при работе;
- надежная герметизация оборудования;
- своевременное удаление подтеков с помощью обтирочных материалов(ветоши);
- запрещение курения и разведения огня вблизи аппарата.

5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Требования установлены законодательными и нормативными документами. Основные из них:

- Конституция Российской Федерации;
- Законы Российской Федерации
- «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»

Так же необходимо в своей деятельности пользоваться нормативно-правовыми актами Томской области, направленными на охрану недр.

К работе оператором допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие квалификацию по профессии «оператор обессоливающих и обезвоживающих установок», прошедшие медицинскую комиссию и годные по состоянию здоровья, прошедшие необходимые инструктажи. Чьи знания прошли проверку по охране труда и промышленной безопасности. Оператор должен соблюдать действующие в организации правила внутреннего распорядка, график работы, режим труда и отдыха.

В соответствии с законодательством оператору выдается специальная одежда и другие средства индивидуальной защиты.

					ФЮРА.751774.000.РПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Заключение

В ходе данной работы был проведен технологический, механический, конструктивный и гидравлический расчет аппарата. В ходе технологического расчета определили основные геометрические параметры аппарата. В механическом расчете был проведен расчет толщины стенок, расчет фланцевого соединения, необходимости укрепления отверстий, расчет стропового устройства и подбор опор.

В разделе «Социальная ответственность» провели анализ вредных и опасных факторов, с которыми можно столкнуться при работе с аппаратом. Так же обосновали мероприятия по устранению этих факторов.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» была проведена оценка конкурентоспособности спроектированного сепаратора, и рассмотрена экономическая составляющая проекта.

					ФЮРА.751774.000.РПЗ							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Студент.		Пономарев			Заключение			Лит.		Лист	Листов	
Руковод.		Тихонов В.В								71		
Конс.												
Н. Контр.												
Руков.ООП.												

Список использованных источников

1. Каспарьянц К.С., Кузин В.И., Григорян Л.Г «Процессы и аппараты для объектов промысловой подготовки нефти и газа» -М.: Недра,1977.-254 с.
2. Персиянцев М.Н «Совершенствование процессов сепарации нефти от газа в промысловых условиях» -М.: Недра,1999.- 283 с
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Лю: Химия, 1987. - 576 с..
4. Г. С. Лутошкин. Сбор и подготовка нефти, газа и воды: Учебник для вузов.
– 3-е изд., стереотипное. Перепечатка со второго издания 1979 г. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 319 с.Гагаринский машиностроительный завод. «Нефтегазовое оборудование». Технический каталог,2014.-84с.
5. Бараз, Владимир Ильич. Добыча нефтяного газа / В. И. Бараз. — Москва: Недра, 1983. — 252 с.: ил.. — Библиогр.: с. 251..
6. Гагаринский машиностроительный завод. «Нефтегазовое оборудование». Технический каталог,2014.-84с.5
7. М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи: Учебное пособие для студентов втузов. – ООО ТИД «АРИС», 2013. – 312 с
8. ГОСТ 6533-78 «Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов и аппаратов котлов, основные размеры.»
9. ГОСТ Р 52857.5 – 2007. Обечайки и днища от воздействия опорных нагрузок.
10. ГОСТ Р 52857.1-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования»
11. ГОСТ 6533-78 «Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов и аппаратов котлов, основные размеры.»
12. ГОСТ Р 52857.2-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.»
13. ГОСТ Р 52857.3-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях,

расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер.»

14. АТК 24.218.06-90 «Штуцера для сосудов и аппаратов стальные сварные»
15. В.М.Беляев, В.М.Миронов В. В. Тихонов. Конструирование и расчёт элементов оборудования отрасли. Часть I. Аппараты с механическими перемешивающими. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 95 с.
16. ГОСТ 10704-91 «Трубы стальные электросварные прямошовные.
17. ГОСТ Р 52857.4-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.»
18. «Нефтегазовое оборудование». Технический каталог, 2015.-178с.
19. ОСТ 26-2091-93 «Опоры горизонтальных сосудов и аппаратов»
20. Семакина О.К. «Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования отрасли». Рабочая программа. — Томск: Изд-во ТПУ, 2007. — 188 с.
21. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Учебник для химико-технологических вузов. – 8-е изд. перераб. – М.: Химия, 1971. – 784 с., ил.
22. Гуревич И.Л. Технология переработки нефти и газа. Часть 1. — М., Химия, 1972. — 360 с.
23. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд- во Юрайт, 2013. – 671с.
24. ГОСТ 17.1.3.06 – 82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
25. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. 123 – ФЗ. 2013.
26. Бизнес-план. Методические материалы. Изд.-3 – М.: Финансы и статистика, 2001.– 208 с.
27. Станиславчик Е.Н. Финансовый анализ инвестиционного проекта– М.: Ось-98, 2000.– 96 с.
28. Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: уч. Мед. Пособие – Томск: изд-во ТПУ, 2014. –36с.